

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЁВА»

МЕЖДУНАРОДНАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ  
АКАДЕМИЯ НАВИГАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ  
(САМАРСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ)

САМАРСКОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ НАУЧНОГО СОВЕТА  
ПО ПРОБЛЕМАМ МЕТОДОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА РАН

ПРИ ПОДДЕРЖКЕ



Software

Международная  
научно-техническая конференция

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**Advanced Information Technologies  
and Scientific Computing**

26 – 28 апреля 2016 г.

**СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ**



САМАРА, 2016

УДК 004

**Перспективные информационные технологии (ПИТ 2016):**

труды Международной научно-технической конференции /  
под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского  
научного центра РАН, 2016. – 1052 с.

**Advanced Information Technologies and Scientific Computing**

**(PIT 2016):** Proceedings of the International Scientific Conference / Ed.  
S.A. Prokhorov, Russia, Samara: Samara Scientific Center of RAS, 2016.  
– 1052 p.

ISBN 978-5-93424-758-5

В сборник научных трудов включены доклады Международной научно-технической конференции «Перспективные информационные технологии – 2016», проходившей с 26 – 28 апреля 2016 г. в Самарском государственном аэрокосмическом университете имени академика С.П. Королева (национальном исследовательском университете).

Рассмотрены актуальные проблемы создания автоматизированных систем научных исследований, интеллектуальных информационных систем, технологий информационной безопасности, информационных технологий в медицине, информационных технологий высоко-производительных вычислений, телекоммуникаций, информационных технологий на транспорте, методик обучения и компьютерных обучающих программ, моделирования и анализа сложных технических систем, философии искусственного интеллекта.

Печатается по решению издательского совета  
Самарского научного центра Российской академии наук

**Редакционная коллегия**

Прохоров С.А. – главный редактор;  
Ивашенко А.В. – технический редактор;  
Востокин С.В., Еленев Д.В., Заболотнов Ю.М., Куликовских И.М.,  
Лёзин И.А., Михеева Т.И., Нестеров А.Ю.,  
Новиков С.Я., Солдатова О.П., Столбова А.А.

ISBN 978-5-93424-758-5

© Оргкомитет конференции, 2016  
© Самарский национальный  
исследовательский университет имени  
академика С.П. Королёва, 2016



## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Z.Dong<sup>1</sup>, Y.M. Zabolotnov<sup>1</sup>, C.Q.Wang<sup>2</sup>

### CONTROL OF SPACE TETHER SYSTEM DEPLOYMENT WITH ATMOSPHERIC PROBE

(<sup>1</sup> Samara State Aerospace University,

<sup>2</sup> Northwestern Polytechnical University, Xian, China)

Process of space tether system (STS) deployment control with atmospheric probe (AP) is analyzed in this paper. It is showed that establishing nominal deployment program of tether system with considering atmospheric drag decreases error of driving system to the given final state several times. Numerical simulation, analysis of results and conclusions in the form of formula are given.

Space tether system (STS) is composed of spacecraft, tether and atmospheric probe (AP). Atmospheric probe is a inflatable or folding structure, which has increasing ballistic coefficient. Atmospheric probe can be used, for example, to monitor the upper atmosphere.

A commonly used motion model in orbit moving coordinate system is utilized for establishing nominal deployment trajectory of STS at a position, which is near the vertical [1]

$$\ddot{L} = L[(\dot{\theta} + \dot{u})^2 - \dot{u}^2(1 - 3\cos^2 \theta)] + \frac{Q_L - T_n}{M_e}, \quad (1)$$

$$\ddot{\theta} = -2\frac{\dot{L}}{L}(\dot{\theta} + \dot{u}) - \frac{3}{2}\dot{u}^2 \sin 2\theta + \frac{Q_\theta}{M_e L^2}, \quad (2)$$

where  $L$  and  $\theta$  are the tether length and tether deviation angle with the vertical,  $u$  is argument of latitude of center of mass orbit,  $M_e = m_1 m_2 / M$ ,  $m_1$  and  $m_2$  are masses of spacecraft and probe,  $M = m_1 + m_2$ ,  $T_n$  is tether tension force,  $Q_L$  and  $Q_\theta$  are generalized atmospheric forces. In order to obtain (1-2) it is assumed that the orbit of system center of mass does not change, and is near a circular orbit during system deployment.

Program of STS deploying to the vertical position is expressed as

$$T_n = M_e \dot{u}^2 [a(L - L_k) + b\dot{L} / \dot{u} + 3L_k], \quad (3)$$

where  $a, b$  are parameters of control law,  $L_k$  is final length of tether. If the orbit of center of mass is circular, then  $\dot{u} = \text{const}$ .

Generalized atmospheric forces are defined from expressions  $Q_L = \delta A_L / \delta L$ ,  $Q_\theta = \delta A_\theta / \delta \theta$ , where  $\delta A_L$  and  $\delta A_\theta$  are work of possible displacements  $\delta L$ ,  $\delta \theta$ .



Therefore

$$Q_{\theta 1} = -C_1 S_1 \rho_1 V_{r1} \cdot \Delta L_1 \cdot (V_{o1} \cdot \cos(\theta - \varphi_1) + V_{\theta 1}) / 2 \quad (4)$$

$$Q_{L1} = -C_1 S_1 \rho_1 V_{r1} \cdot m_2 \cdot (V_{o1} \cdot \sin(\theta - \varphi_1) + V_{L1}) / 2M \quad (5)$$

$$Q_{\theta 2} = C_2 S_2 \rho_2 V_{r2} \cdot \Delta L_2 \cdot (V_{o2} \cdot \cos(\theta + \varphi_2) - V_{\theta 2}) / 2 \quad (6)$$

$$Q_{L2} = C_2 S_2 \rho_2 V_{r2} \cdot m_1 \cdot (V_{o2} \cdot \sin(\theta + \varphi_2) - V_{L2}) / 2M \quad (7)$$

where  $C_{1,2}$  are coefficients of atmospheric drag,  $S_{1,2}$  are cross-sectional areas,  $\rho_{1,2}$  are atmospheric density,  $\Delta L_{1,2} = m_{2,1} L / M$ , angles  $\varphi_{1,2}$  and components  $V_{o1,2}$ ,  $V_{L1,2}$ ,  $V_{\theta 1,2}$  sum of velocities  $V_{r1,2}$  spacecraft and probe are defined according to Fig.1.

Generalized forces, which are in system (1-2) are defined as sum of expressions (4-7):  $Q_\theta = Q_{\theta 1} + Q_{\theta 2}$ ,  $Q_L = Q_{L1} + Q_{L2}$ .

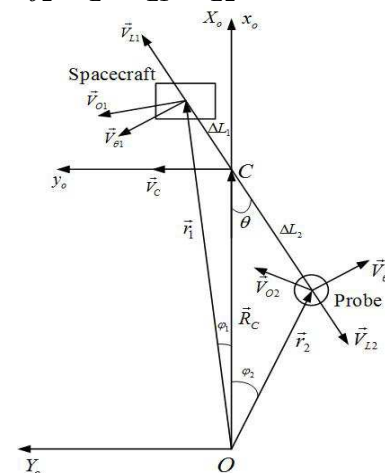


Fig. 1. Positions of spacecraft and probe with respect to orbit coordinate system

Motion equations of STS in geocentric coordinate system are expressed in the following form [1]

$$\frac{d\vec{r}_k}{dt} = \vec{V}_k, \quad m_k \frac{d\vec{V}_k}{dt} = \vec{G}_k + \vec{T}_k + \vec{R}_k \quad (8)$$

where  $\vec{r}_k$  ( $k=1,2$ ) are radius vectors of spacecraft and probe,  $\vec{V}_k$  are absolute velocities of end-bodies,  $\vec{G}_k, \vec{T}_k, \vec{R}_k$  are vectors of gravity, tether tension force and atmospheric drag.

Because tether does not sustain compressive force, tether tension is calculated according to Hooke's law



$$T = \begin{cases} c \frac{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2| - l}{L}, & \text{if } |\vec{r}_1 - \vec{r}_2| - l \geq 0 \\ 0, & \text{if } |\vec{r}_1 - \vec{r}_2| - l \leq 0 \end{cases} \quad (9)$$

where  $l$  is the length of undeformed tether,  $c = E \cdot A$  is stiffness coefficient,  $E$  is Young's modulus,  $A$  is the cross sectional area of tether.

According to the vector form tether tension force is defined in the form of vectors

$$\vec{T}_1 = T \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|}, \quad \vec{T}_2 = -\vec{T}_1, \quad (10)$$

In order to establish deployment model of system (8), it is necessary to add equations, which account for dynamics of control mechanism performance. These equations are expressed as [2]

$$m_e \frac{dV_l}{dt} = T_1 - F_c, \quad \frac{dl}{dt} = V_l, \quad (11)$$

where coefficient  $m_e$  accounts for inertia of the control mechanism,  $V_l$  is tether velocity,  $F_c$  is the control force of tether deployment mechanism.

According to the principle of feedback force,  $F_c$  is given as [2,3]

$$F_c = T_n + p_1 \Delta L + p_2 \Delta V, \quad (12)$$

where  $p_1, p_2$  are control coefficients,  $T_n$  is nominal tether tension force (3),  $\Delta L = l - L$ ,  $\Delta V = V_l - V_L$ .

Fig. 2-3 show trajectories of probe with respect to spacecraft, which nominal trajectories are showed in dashed lines and perturbed trajectories are showed in solid lines. Analysis of the results shows that utilizing nominal deployment program without considering atmospheric drag (Fig.2) leads to large error in the end of deployment, and the probe vibrates with respect to the vertical. Utilizing nominal deployment program with considering atmospheric drag decreases control error. From the comparison of Fig.2-3 it is showed that control error decreases about 36 times.

Parameters of numerical simulation are selected as:  $m_e = 0.2 \text{ kg}$ ,  $m_1 = 6000 \text{ kg}$ ,  $m_2 = 20 \text{ kg}$ ,  $L_k = 30 \text{ km}$ ,  $a = 4$ ,  $b = 5$ , ballistic coefficients  $\sigma_1 = 1.257 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 / \text{kg}$ ,  $\sigma_2 = 0.015 \text{ m}^2 / \text{kg}$ ; coefficients of control  $p_1 = 0.243$ ,  $p_2 = 7.824$  [4].

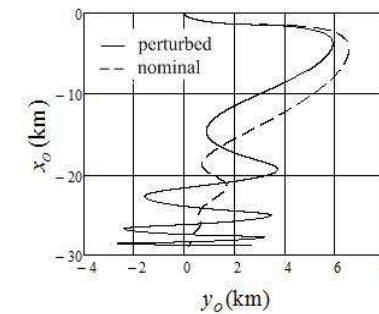


Fig. 2

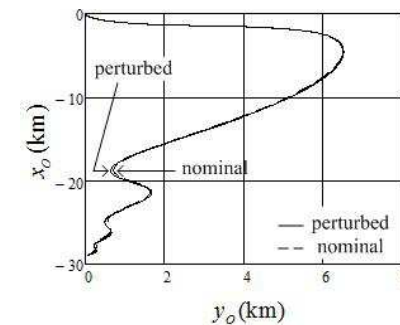


Fig. 3

In this way, utilizing nominal deployment program without considering atmospheric drag leads to large error in the end of deployment, and the probe vibrates with respect to the vertical. Utilizing nominal deployment program with considering atmospheric drag decreases control error. These conclusions remain valid when inclination of the STS center of mass orbit and atmosphere rotation are concerned.

### References

1. Zabolotnov Yu. Introduction to Dynamics and Control in Space Tether System. Beijing: Science Press, 2013. 140 p.
2. Zabolotnov, Yu.M., Naumov, O.N. Motion of a Descent Capsule Relative to Its Center of Mass when Deploying the Orbital Tether System // J. Cosmic Research. – 2012. – 50 (2). – pp. 177-187.
3. Kruijff, M. Tethers in Space. The Netherlands: Delta - Utec Space Research, 2011. 432 p.
4. Zabolotnova O.Y.. Synthesis Of Control Algorithms For Deployment Of Space Tether System // J. Flight. – 2010. – №11. – pp. 36-42.



A.Y. Nikolaenko, A.I. Stokov, P.A. L'vov\*, E.A. Moiseykina\*

## RFID BASED SORTING AND STACKING SYSTEM FOR ASSEMBLY LINES

(Yuri Gagarin State Technical University of Saratov,  
OJSC "Signal" Engels Design Bureau named after A.I. Glukharev)

New technologies have a great influence on the production process in modern factories. Introducing new techniques and methods is crucial to optimize and enhance the working of factories. However, ensuring a reliable and correct integration requires complete evaluation and assessment. Developers use RFID systems to develop and implement real time solutions to enhance and optimize the production and assembly processes.

In the paper [1] the authors built an RFID based stacking-transport system. The system was applied on a production line shown in Figure 1. A high frequency RFID tag was attached to each box. It contained information about its product brand. A high frequency reader reads tags on coming boxes and sends the product brand information to a sorting controller which in turn determines where to route the box. A stacker crane robot stacks forwarded boxes on pallets according to their brand. Pallets also have RFID tags. At the end of the assembly line another reader that uses another frequency updates the tag of each pallet, which is now full with boxes, with the new information about the contained boxes. The paper compares the system to the existing barcode based systems. The former enhances time management and reduces the number of damaged products because it needs no manual scanning of tags. Also, the memory property allows better management of the products in the warehouse.

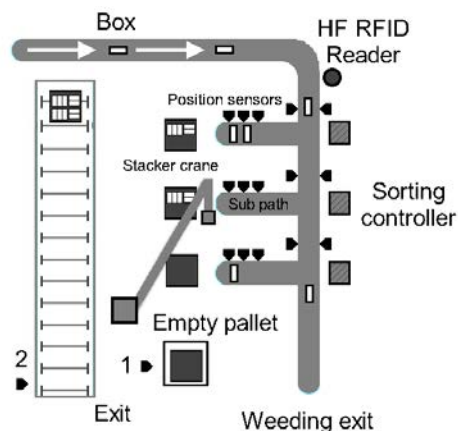


Figure 1. Scene in production line



The read/write range performance of a RFID system depends mainly on the choice of frequency, radiated power from the reader, sensitivity and modulation efficiency of a transponder, data rate, reader receiver sensitivity in the presence of self-jammer signal and location of the transponder [2]. The biggest challenge for the receiver front-end is to handle leakage from the full power continuous wave (CW) signal being transmitted during reception to keep the passive transponders powered up. This calls for the design of a wide dynamic range receiver or a use of some sort of an isolation approach, or self-jammer cancellation technique. However, the isolation between transmitting and receiving channels increases the RFID reader cost. Leakage canceller complicates the reader receiver and adds to the reader's consumption that is critical for mobile applications [3], [4].

This paper proposes a new RFID reader based on automatic network analyzers (ANA) that conventionally has been applied for microwave load's complex reflection coefficient measurement [8], [9]. This approach does not require the signal reader carrier's compensation. ANA based on down conversion of measuring frequency of multi-port reflectometer ports. The proposed RFID reader block-diagram is shown in Figure 2. The technique consists in use of MR in combination with down conversion of measurement frequency. The outputs of measuring ports of MR are connected to the mixers of frequency conversion unit instead of power meters. After the heterodyning the analogue audio frequency signals proportional to probes responses are sampled by the data acquisition board (DAB) and entered to computer memory. All the subsequent processing of the obtained data is performed in the digital form using the special software.

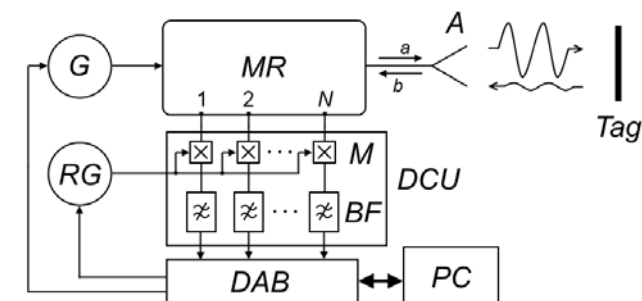


Figure 2 The block-diagram of proposed ANA based RFID reader:  $G$ ,  $RG$  are microwave generator and reference generator;  $MR$  is multi-port reflectometer;  $1, 2, \dots, N$  are measuring ports;  $A$  are antenna;  $M$  are mixers;  $BF$  are band-pass filters;  $DCU$  is down conversion unit;  $DAB$  is data acquisition board;  $PC$  is personal computer.

Here the output digital signals of the DAB are linear functions of the estimated parameters  $a$  and  $b$  so they may be processed without the loss in signal-to-noise ratio and parameters of the load under test can be measured with potentially achievable accuracy.





Let the output signal of the  $j$ -th probe of MR to be applied to the first input of corresponding mixer, the sine voltage of the reference generator RG being impressed at the second. Then the output voltage of the  $j$ -th mixer can be represented as a function of time:

$$v_j = U_j \cos(\omega \cdot t + \varphi_j) \cdot \cos[(\omega - \nu)t] = 0,5 \cdot U_j \{ \cos(\nu \cdot t + \varphi_j) + \cos[(2\omega - \nu)t + \varphi_j] \}, j=1,2,\dots,N \quad (1)$$

where  $U_j$ ,  $\varphi_j$  are unknown amplitude and phase of the microwave signal in the  $j$ -th measuring port of MR respectively;  $\omega$  is the known frequency of the microwave signal;  $\Delta\omega$  is the difference between the frequencies of the main G and reference RG generators;  $N$  is the number of measuring ports of MR.

The band-pass filter extracts only low frequency component of the signal  $v_j(t)$ :

$$v_j(t) = U_j \cos(\nu \cdot t + \varphi_j) + \xi_j, j=1,2,\dots,N \quad (2)$$

where  $\xi_j$  is the measurement error at the  $j$ -th channel. After the analogue-to-digital converter of the DAB the signals  $v_j$  are digitized forming the  $N$  series each of  $K$  samples:

$$v_j(t_k) = v_{jk} = U_j \cdot \cos(\nu \cdot k \cdot \tau + \varphi_j) + \xi_{jk}, (j=1,2,\dots,N; k=1,2,\dots,K) \quad (3)$$

where  $\tau$  is the sampling period (the time between two sequential samples in one series);  $k$  is the sample number in the series (in each of  $N$  measuring channels the series of  $K$  digital samples is obtained).

The problem is to determine the estimates of unknown parameters  $a$  and  $b$  using the digital voltage measurements  $v_{jk}$  (3). It is well-known [5] that the complex amplitude of the  $j$ -th MR port response  $u_j$  is related to complex amplitudes of incident  $b$  and reflected  $a$  waves with the equation

$$u_j = A_j \cdot a + B_j \cdot b + \Xi_j, j=1,2,\dots,N \quad (4)$$

where  $A_j$ ,  $B_j$  are known complex gains of the  $j$ -th channel for incident and reflected waves respectively found after the calibration procedure;  $\delta_j$  is the error of measurement of  $u_j$ . The responses of MTLR have the same form (4), but the magnitudes of coefficients  $|A_j|=|B_j|$  and phase differences  $\psi_j=\arg(B_j/A_j)$  are implied to be exactly known. Thus, if the estimates of complex amplitudes  $u_j$  are known one can calculate the estimates of parameters  $a$  and  $b$  characterizing the termination under test. Therefore, the first stage of processing of the data  $v_{jk}$  obtained from the measuring ports should be aimed at estimation of complex amplitudes  $u_j$ . After the variable substitution

$$\begin{cases} y_j = U_j \cos(\varphi_j), \\ z_j = U_j \sin(\varphi_j), \end{cases} \begin{cases} x_{1k} = \cos(\nu \cdot k \cdot \tau), \\ x_{2k} = -\sin(\nu \cdot k \cdot \tau), \end{cases}, (j=1,2,\dots,N; k=1,2,\dots,K) \quad (5)$$

the set (3) can be rewritten in the form:

$$v_{jk} = y_j \cdot x_{1k} + z_j \cdot x_{2k} + \xi_{jk}, \quad (6)$$

It is quite natural to assume that the frequency difference  $\Delta\omega$  remains constant during the measurement period  $K\tau$ . That is why all the parameters  $\Delta\omega$ ,  $x_{1k}$  and  $x_{2k}$  implied to be known in every measurement. And the errors  $\xi_{jk}$  occur largely owing to the thermal noise of matching amplifiers of the DAB hence they may be considered as the independent sample of the normal random process with zero mathematical expectation and unknown fixed variance  $\sigma^2$ . It is evident from (5) that unknown values of  $y_j$



and  $z_j$  are real and imaginary components respectively of corresponding complex amplitudes  $u_j$ . The estimates of these components can be determined from the linear set (6) using the maximum likelihood (ML) method. If the assumptions made about errors  $\xi_{jk}$  are true the named method consists in solution of (6) by the least square (LS) procedure. Thus, the estimates of  $y_j$  and  $z_j$  are calculated from the expression

$$\hat{u}_j = (X^T X)^{-1} (X^T V_j), j=1,2,\dots,N \quad (7)$$

where  $\hat{u}_j = (\hat{y}_j, \hat{z}_j)^T$  is the vector of corresponding estimates;  $V_j = (v_{j1}, \dots, v_{jK})^T$  is the vector consisting of  $K$  samples of voltage in the  $j$ -th channel;  $^T$  and  $^{-1}$  designate the operations of matrix transpose and inversion respectively;  $X$  is the matrix of design of experiment

$$X^T = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1K} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2K} \end{bmatrix}$$

After all the estimates  $\hat{y}_j$  и  $\hat{z}_j$ , are found it is easy to form the estimates of complex amplitudes  $\hat{u}_j$

$$\hat{u}_j = U_j \cdot \exp\{i \cdot \varphi_j\} = \hat{y}_j + i \cdot \hat{z}_j, \quad (8)$$

where  $i$  is the unit vector determining the direction of imaginary axis on a complex plane (unit imaginary number). Since the errors  $\xi_{jk}$  are normally distributed and independent then the real and imaginary parts of errors  $\delta_j$  from the set (4) will be distributed normally as well. Substituting estimates of  $\hat{u}_j$  from (8) to (4) one can get the set of equations to be solved for unknown variables  $a$  and  $b$  which is similar to the set (6). The only difference between (4) and (6) is that all the parameters in the first set are complex. It is known [6] that the optimal estimates of unknown parameters can be obtained from the solution of (4) by the ML method consisting in calculation the LS estimates provided the errors  $\delta_j$  being normally distributed

For the sake of simplicity the set of  $N$  complex equations is transformed into equivalent set of  $2N$  real ones.

$$\begin{aligned} \hat{y}_j &= \text{Re}(A_j) \text{Re}(a) - \text{Im}(A_j) \text{Im}(a) + \text{Re}(B_j) \text{Re}(b) - \text{Im}(B_j) \text{Im}(b) + \text{Re}(\Xi_j), \\ \hat{z}_j &= \text{Im}(A_j) \text{Re}(a) + \text{Re}(A_j) \text{Im}(a) + \text{Re}(B_j) \text{Re}(b) + \text{Re}(B_j) \text{Im}(b) + \text{Im}(\Xi_j), \end{aligned} \quad (9)$$

where  $\text{Re}(\dots)$  and  $\text{Im}(\dots)$  are real and imaginary components of a complex value;  $j = 1, N$ .

But components  $y_j$  and  $z_j$  are not independent. In such a case the solution of (9) is determined by the weighted ML procedure [6]:

$$\hat{T} = (H^T \cdot W \cdot H)^{-1} (H^T \cdot W \cdot Z)$$

where  $T = [\text{Re}(a), \text{Im}(a), \text{Re}(b), \text{Im}(b)]^T$  is the vector of unknown parameters to be estimated;  $Z = (\hat{y}_1, \hat{z}_1, \dots, \hat{y}_N, \hat{z}_N)^T$  are corresponding estimates;  $H$  ( $2N \times 2$ ) and  $W$  ( $2N \times 2N$ ) are the matrix of design of experiment and covariance matrix of vector  $Z$  respectively

$$H = \begin{bmatrix} \text{Re}(A_1) & -\text{Im}(A_1) & \text{Re}(B_1) & -\text{Im}(B_1) \\ \text{Im}(A_1) & \text{Re}(A_1) & \text{Im}(B_1) & \text{Re}(B_1) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \text{Re}(A_N) & -\text{Im}(A_N) & \text{Re}(B_N) & -\text{Im}(B_N) \\ \text{Im}(A_N) & \text{Re}(A_N) & \text{Im}(B_N) & \text{Re}(B_N) \end{bmatrix}; \quad \begin{aligned} W &= \text{diag}(C, C, \dots, C); \\ C &= (X^T X)^{-1}. \end{aligned}$$



and  $C$  is the covariance matrix ( $2 \times 2$ ) of vectors  $\hat{u}_j$  defined from (8).

After the estimates of  $a$ ,  $b$  have been found from (9), (10) one can easily calculate the CRC of the load under test  $\rho = a/b$ . It is important to notice that all the operations performed with primary data (voltages  $v_{jk}$ ) are linear up to the very last step of calculation of CRC. Hence there were no losses in measuring accuracy caused by "non-optimal" processing of the data obtained. The advantages of the proposed ANA are considered in [7].

The authors carried out the computer simulation of the measurement procedure using the proposed new ANA with four measuring ports. For this purpose the special software package for optimal estimation of load under test parameters using the processing of sampled output voltages of the measuring channels by the ML method was developed.

The dependence of measurement accuracy characterising by the mean squared error upon the signal-to-noise ratio (SNR) at the outputs of ANA's measuring ports is searched. The MR gains  $A_j$ ,  $B_j$  are implied to be exactly known. SNR is equal to  $b^2/\sigma^2$ , where  $\sigma^2$  is error  $\xi_{jk}$  variance in model (6). The measuring process was simulated for the various values of voltage standing wave ratio (VSWR) of the load under test. For every specified value of SNR as well as VSWR 10000 simulation measurement experiments of magnitude and phase estimation of the device under test were carried out. After that the mean square error is calculated Figure 3 shows some typical results of simulation presenting the dependences of mean square estimation error of CRC magnitude and phase on SNR at ports outputs for the different values of VSWR of the tested loads. As it can be seen from the curves, the systematic errors of estimation are absent confirming the theoretical conclusion of the precise potential accuracy of the suggested ANA.

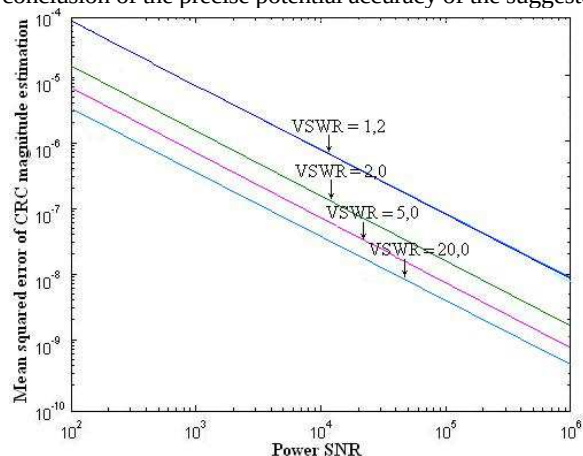


Figure 3. The dependencies of mean squared errors of magnitude estimators on the power SNR for different VSWR

The suggested approach permits the authors to obtain the potentially achievable accuracy of measurements. In addition the necessary amount of precise equipment is drastically dwindled in comparison with conventional ANA based on vector voltme-



ter. Actually, all directional couplers and precision analogue processing circuits are eliminated. Finally, there is no need in large set of precision calibration standards because the proposed ANA can be calibrated using only the set of loads with unknown reflection parameters.

ANA based RFID reader does not suppress spurious signals reflected from the antenna and penetrating the blocking signal from transmitter, and performs conversion of direct additive unlike existing solutions. After that measure amplitude and phase information signal. Therefore, the requirements for methods of modulating the reflected signal tag can be reduced. This leads to a reduction in the cost of tag.

Basing on the above the authors put forward the idea that the proposed ANA based reader of the RFID system may be very promising for use in sorting and stacking production lines.

### References

1. Jie Tan; Hongwei Wang; Dan Li; Qigang Wang; A RFID Architecture Built in Production and Manufacturing Fields, ICCIT '08. Third International Conference on Convergence and Hybrid Information Technology, Issue Date : 11-13 Nov. Volume : 1, On page(s): 1118 - 1120 (2008).
2. K. Finkenzeller, RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification. New York: Wiley, 2003.
3. P.V. Nikitin, K.V.S Rao. "Antennas and propagation in UHF RFID Systems". IEEE International Conference on RFID. Las Vegas, USA, April 2008, pp. 277-288.
4. Long-Range Ultra-Wideband Radio-Frequency Identification. Lawrence Livermore National Laboratory. [https://www-eng.llnl.gov/pdfs/dist\\_sys\\_sensors-8.pdf](https://www-eng.llnl.gov/pdfs/dist_sys_sensors-8.pdf).
5. A.A. L'vov and K.V. Semenov, "A New Technique for Microwave Circuit Parameter Measurement," The Automatic RF Techniques Group Conference Digest, ARFTG 47th, San Francisco, U.S.A., 1996. – pp. 188-195.
6. Yu.V. Linnik, "Metod naimen'shikh kvadratov i osnovy' teorii obrabotki nabludeniy" – M.: GIFML, 1958. – 334 s. [The least square method and fundamentals of observation data processing theory] (in Russian).
7. G.F. Engen, "The Six-Port Reflectometer: An Alternative Network Analyzer," IEEE Transactions on Microwave Theory and Technique, Vol. MTT-25, no. 12, Dec. 1977. – pp. 1075-1079.
8. L'vov A.A. A Novel Vector Network Analyzer Using Combined Multiport Reflectometer / A.A. L'vov, A.Y. Nikolaenko, P.A. L'vov // In Proceedings of Microwave and Radio Electronics Week MAREW 2015, 14th Conference on Microwave Techniques COMITE 2015, April 22-23, Pardubice, Czech Republic, pp. 183-186.
9. L'vov, A.A. Synthesis of a Wideband Multiprobe Reflectometer / B.M. Katz, A.A. L'vov, V.P. Meschanov, et.al // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 56, No. 2, February, 2008, P. 507-514.



A.Y. Nikolaenko, A.A. Bardasov

## RFID SENSOR NETWORK FOR OBJECT TRACKING SYSTEM

(Yuri Gagarin State Technical University of Saratov)

Factories are an important factor for the growth and development of counties, as well as an engine and a driving force of their economy. Recent advancements of technology made factories evolve progressively through introducing more and more innovative tools and ideas. Computer and communication technologies have greatly influenced the structure and the organization of factories and the process of manufacturing. Companies have used technologies to automate assembly lines, to control and to monitor products while moving on them.

In recent years auto identification systems have been gaining lots of attention from various application domains such as security, industry, sports, transportation, education, and manufacturing. A radio frequency identification (RFID) wireless system is a powerful tool to detect the presence or absence of objects and to know their relative positions. Utilization of RFID systems has great benefits for improving the manufacturing process in factories.

In the work [1] an RFID based object tracking system to automate assembly lines was developed. Authors followed a grid based approach where RFID readers are spread over the factory as a grid at defined positions Figure 1. The main objective is to predict the location of an object to improve the efficiency of assembly line operations. They used a convex based range free tracking algorithm [2]. When several RFID readers read a certain tag attached to moving object, its position is within the intersection of the ranges of the readers. The system only indicates the predicted location of moving objects throughout the assembly lines.

The read/write range performance of a RFID system depends mainly on the choice of frequency, radiated power from the reader, sensitivity and modulation efficiency of a transponder, data rate, reader receiver sensitivity in the presence of self-jammer signal and location of the transponder [3]. The biggest challenge for the receiver front-end is to handle leakage from the full power continuous wave (CW) signal being transmitted during reception to keep the passive transponders powered up. This calls for the design of a wide dynamic range receiver or a use of some sort of an isolation approach, or self-jammer cancellation technique. However, the isolation between transmitting and receiving channels increases the RFID reader cost. Leakage canceller complicates the reader receiver and adds to the reader's consumption that is critical for mobile applications [4].

This paper proposes RFID reader based on the special type automatic network analyzer (ANA), which working frequency range may be secured by the appropriate ports' arrangement along the ANA longitudinal axis. The suggested approach does not require the carrier signal reader compensation. The basic tendency of development of automatic measurement systems in microwaves are the improvement of accu-



racy, objectivity as well as measuring rate. As a consequence it stimulated the appearance of new methods of measuring data processing using microprocessors or various computers. At present two main techniques are used for automatic measurements of microwave circuit parameters, namely, vector voltmeter and multi-port reflectometer.

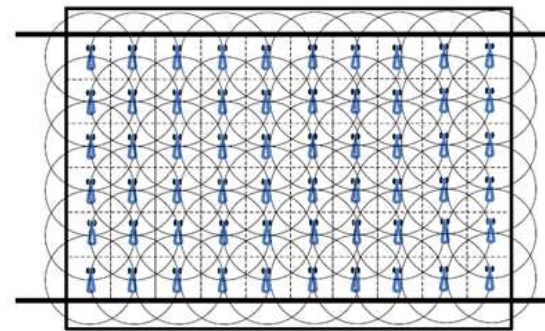


Figure 1: Tracking system in assembly line

ANA based on vector voltmeter (VV) are well known [5], [7]. Their great advantage is extremely high accuracy of measurements. But from the other hand, they are rather expensive because of the several reasons. Before coming to complex ratio meter the ANA's signals proportional to incident and reflected wave magnitudes are passed through the analogue signal processing unit containing the complex and expensive circuits of automatic gain control, phase lock loop, phase detectors, etc. Besides, the large kit of precise calibration standards is required at every measurement frequency to make up the imperfect responses of directional couplers extracting incident and reflected waves. The use of couplers with high direction ( $> 40$  dB) can diminish considerably this source of errors but leads to rise in cost of the whole ANA. Therefore, it will be a good idea to eliminate the unit of analogue processing including the complex ratio meter entrusting its functions to computer that can take account of imperfect performance of directional couplers. Moreover, it becomes possible to refuse the couplers themselves using the simple voltage meters instead.

The ANA based on multi-port reflectometer (MR) has substantial merits [6]: high accuracy and simplicity of design due to absence of analogue processing circuits. But the use of power meters makes the set of equations for MR nonlinear obstructing the optimal signal processing of measurement data. Furthermore, the technique is very sensitive to own parameters of reflectometer to be determined during the calibration procedure [6]. So, very strict requirements are imposed on MR design in order to avoid a solution ambiguity of quadric multi-port equations caused by noise errors of power meters. That is why the stability of solution is traded off for use of directional couplers, phase shifters, delays, etc. But such a sophistication of design disagrees with the main advantage of ANA based on MR: its simplicity and cheapness.



The comparative analysis of these techniques allows the authors to put forward the idea of creation of ANA combining their advantages and avoiding their demerits. The idea of removal of analogue processing units and directional couplers with concurrent keeping the set of ANA equations to be linear with respect to unknown variables is very attractive since it becomes possible to apply the optimal techniques of data processing and estimation of parameters to be measured. The authors made an attempt to combine the advantages of both conventional techniques and eliminate their main drawbacks. For that purpose they designed the ANA which block-diagram is shown in Figure 2.

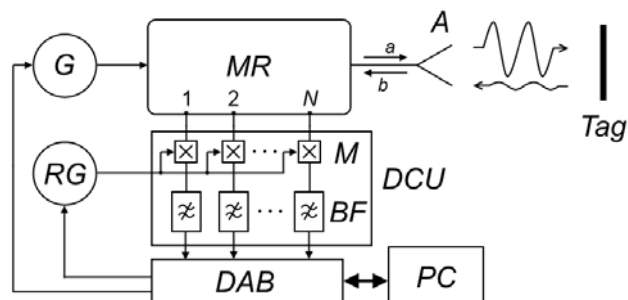


Figure 2. The block-diagram of proposed ANA based RFID reader: *G*, *RG* are microwave generator and reference generator; *MR* is multi-port reflectometer; 1, 2, ..., *N* are measuring ports; *A* are antenna; *M* are mixers; *BF* are band-pass filters; *DCU* is down conversion unit; *DAB* is data acquisition board; *PC* is personal computer

The technique consists in use of *MR* in combination with down conversion of measurement frequency inherent to ANAs based on vector voltmeter. The outputs of measuring ports of *MR* are connected to the mixers of frequency conversion unit instead of power meters. After the heterodyning the analogue audio frequency signals proportional to probes responses are sampled by the data acquisition board and entered to computer memory. All the subsequent processing of obtained data performed in the digital form using the special software.

Here the output digital signals of the *DAB* are linear functions of the estimated parameters *a* and *b*. Hence, they may be processed without the loss in signal-to-noise ratio and parameters of the load under test can be measured with potentially achievable accuracy.

The algorithm for measurement of module and phase of tag signal is designed and developed in the work [8]. Results of computer simulation of measuring process confirming the theoretical conclusions are shown in the Figure 3. It presents the dependencies of mean squared estimation error for the complex reflection under test modulus and phase versus power signal-to-noise ratio (SNR).

The design of this ANA is rather simple. It may be a segment of a microwave tract with the ports located along the longitudinal axis. The wide frequency range of



the proposed multi-port based ANA is achieved by the appropriate ports' arrangement inside the junction. The theoretical basis of this arrangement selection is given in the work [9]. The named work has shown that it is possible to cover extremely large frequency range using only 8-10 measuring ports.

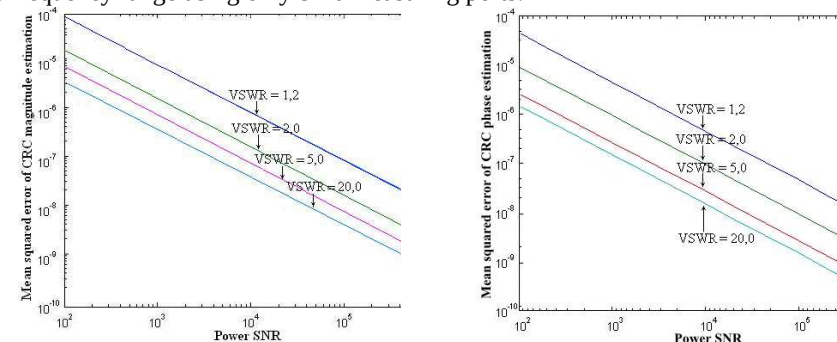


Figure 3. The dependencies of mean squared errors of magnitude and phase estimators of the complex reflection under test on the power SNR for different voltage standing wave ratios (VSWR)

## References

1. Jiahao Wang; Zongwei Luo; Wong, E.C.; Tan, C.J.; RFID Assisted Object Tracking for Automating Manufacturing Assembly Lines, ICEBE IEEE International Conference on e-Business Engineering, Issue Date : 24-26 Oct. 2007, On page(s): 48 - 53 (2007).
2. Liming, S.; Jianzhong, L.; Yu, C.; et. al, Wireless Sensor Network, Press of Tsinghua University, (2005).
3. K. Finkenzeller, RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification. New York: Wiley, 2003.
4. P.V. Nikitin, K.V.S Rao. "Antennas and propagation in UHF RFID Systems". IEEE International Conference on RFID. Las Vegas, USA, April 2008, pp. 277-288.
5. R.Bathiany, "Vector Network Analyzer Views 0.5 to 40 GHz," Microwaves, Vol. 26, Apr. 1987. – pp.147-156.
6. G.F. Engen, "A Least Square Solution for Use in the Six-Port Measurement Technique," IEEE Transactions on Microwave Theory and Technique, Vol. MTT-28, no. 12, Dec. 1980. – pp. 1473-1477.
7. A.A. L'vov and K.V. Semenov, "A New Technique for Microwave Circuit Parameter Measurement," The Automatic RF Techniques Group Conference Digest, ARFTG 47th, San Francisco, U.S.A., 1996. – pp. 188-195.
8. L'vov A.A. A Novel Vector Network Analyzer Using Combined Multiport Reflectometer / A.A. L'vov, A.Y. Nikolaenko, P.A. L'vov // In Proceedings of Microwave and Radio Electronics Week MAREW 2015, 14th Conference on Micro-



wave Techniques COMITE 2015, April 22-23, Pardubice, Czech Republic, pp. 183-186.

9. L'vov, A.A. Statistical Approach to Measurements with Microwave Multi-port Reflectometer and Optimization of Its Construction / A.A. L'vov, R.V. Geranin, N. Semezhev, P. A. L'vov // Proceedings of Microwave and Radio Electronics Week (MAREW 2015). 14th Conference on Microwave Techniques (COMITE 2015), Pardubice, Czech Republic, April, 22 - 23, 2015, P. 179-183.

N. Semezhev, A.A. Solopekina, D.N. Sokolov

## CALIBRATION ALGORITHMS FOR SOFTWARE DEFINED RADIO APPLICATIONS

(Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia)

### 1. Introduction

Today the evolution toward practical software radios is accelerating through a combination of techniques. These include smart antennas, multi-band antennas, and wideband RF devices. Nowadays wideband analog-to-digital converters (ADCs) and digital-to-analog converters (DACs) can access GHz of spectrum instantaneously, Intermediate Frequency (IF), base-band, and bit stream processing is implemented in increasingly general purpose programmable processors with Application-Specific Integrated Circuits (ASICs), Field Programmable Gate Arrays (FPGAs), Digital Signal Processors (DSPs), and general purpose (GP) processor technologies are being introduced in SDR designs. SDR is becoming practical as costs per millions of instructions per second (MIPS) of DSPs, and general-purpose central processor units (CPUs) have dropped below \$10 per MIPS. The economics of software radios become increasingly compelling as demands for flexibility increase while numerical processing costs continue to drop by a factor of two every few years but RF parts and sub-assembly costs tend to remain high particularly at millimeter wave frequencies. At the same time, absolute processing capacities continue to climb into the hundreds of millions of floating-point operations per second (MFLOPS) to billions of FLOPS (GFLOPS) per chip. At present time, software radio technology can be cost-effectively implemented for commercial first-generation (1G) analog and second-generation (2G) digital mobile cellular radio air interfaces. Over time, wideband third generation (3G) air interfaces will also yield to software techniques on wideband RF platforms possibly at millimeter wave frequencies. The resulting software-defined radio extends the evolution of programmable hardware, increasing flexibility via increased programmability. The ideal software radio represents the point of maximum flexible programmability in this evolution. In addition, ADCs and DACs are available as low-cost chips and single-board open-architecture configurations offer bandwidths of tens of MHz with the dynamic range required for software radio applications. Multimedia requirements for desktop and wireless personal digital assistants (PDAs) continue to exert downward pressure on parts count and on power consumption of such



chip sets. This trend will push the ideal software radio technology from the base station to the mobile terminal. Although the tradeoffs among analog devices, low-power ASICs, DSP cores, and embedded microprocessors in handsets remain fluid, cutting-edge base stations are beginning to employ software radio architectures. New designs for high-end mobile radio nodes such as military vehicular radios are now largely based on some type of software radio approach.

Finally, the multi-band, multi-mode, and multi-user flexibility of software radios appears central to the goal of seamless integration of personal communications systems (PCS), land mobile and satellite mobile services (including truly nomadic computing). Compared to the traditional hardware radio, the main advantage of software radio is the fact that it can support various modulation schemes with a unique hardware. On the other hand, its main disadvantage is still the present high cost of digital programmable devices. This situation can change with the rapid development in semi-conductor processing technology and the development of re-configurable devices in combination with six-port receiver technology [2].

### 2. Calibration

It is possible to calculate the ratio of amplitude, frequency and phase between LO signal (port 1) and RF signal (port 2) from the four output power levels determining the complex constants  $X_i$ ,  $Y_i$  by calibration procedures. We now examine the six-port calibration method and the six-port receiver demodulation results obtained with calibration. Among the many algorithms that have been proposed for the physical calibration of six-port reflectometers (SPR's) [7], Engen's six-port-to-four-port reduction [5], [1] seems to be the most attractive. This procedure determines the dependencies between the different power meter readings, yielding five real-valued reduction parameters that permit to transform the SPR into a virtual four-port. No known standards are required for this reduction. The value measured by the virtual four-port is related to the reflection coefficient of the device under test by a so-called "error box" transformation. The three complex parameters of this transformation may be found by using one of the many existing methods for the calibration of traditional network analyzers. Recently, some real-time six-port calibration algorithms were proposed. These calibration algorithms are designed for six-port direct receivers, a brief description of these calibration methods are given here.

### 3. Physical six-port calibration method

*W-plane calibration of six-port circuit*

Using the same annotation as Stumper [3], the six-port to four-port reduction is given by the equations

$$p_1 = |w|^2 \quad (1)$$

$$Zp_2 = |w - w_1|^2 \quad (2)$$

$$Rp_3 = |w - w_2|^2 \quad (3)$$

where  $w$  is the complex reflection coefficient at the input of the imaginary ideal four-port reflectometer and the  $p_i$  denote the power levels  $p_1$  to  $p_3$ , measured with the SPR significantly.





However, good initial estimates of the five parameters are needed for measured at the ports labeled 1 to 3, normalized with respect to the power value measured at the reference port 4 of the SPR. The five reduction parameters to be determined by the calibration are the values of the real positive variables  $Z$ ,  $R$ , and  $w_1$ , and the real and imaginary parts of the complex variable  $w_2$ .

The variable may be eliminated from (1) to (3) yielding the nonlinear constraint equation

$$\begin{aligned} &Ap_1^2 + BZ2p_2^2 + CR2p_3^2 + (C - A - B)ZP_1P_2 + (B - C - A)RP_1P_3 + \\ &+ (A - B - C)ZRP_2P_3 + A(A - B - C)P_1 + B(B - C - A)ZP_2 + \\ &+ C(C - A - B)RP_3 + ABC = 0 \end{aligned} \quad (4)$$

where

$$A = |w - w_2|^2 \quad (5)$$

$$B = |w - w_2|^2 \quad (6)$$

Equation (4) can be solved by measuring at least nine (usually 13 in practice) arbitrary different terminations. The solution of (4)  $[A, B, C, Z, R]$  allows transformation of six-port to a perfect four-port reflectometer in a notional "W" complex plane. The W-plane reflection coefficient is

$$W = \frac{p_1 - Z^2 p_2 + C}{2\sqrt{C}} + j \frac{[C(A + B - C) + (A - B + C)p_1 - (A - B - C)Z^2 p_2 - 2CR^2 p_3]}{\pm 2\sqrt{C(2AB + 2BC + 2AC - A^2 - B^2 - C^2)}} \quad (7)$$

#### Error-box calibration

A two-port error box is inserted between the notional four-port and the DUT such that the virtual reflection reading from the notional perfect reflectometer obtained by W-plane calibration are transferred to the real reflection coefficients  $\Gamma$ [6]. This is done through a bilinear transformation

$$\Gamma = \frac{e - W}{cW - d} \quad (8)$$

where  $c$ ,  $d$ , and  $e$  are complex constants related to the S parameters of the error box

$$\begin{aligned} c &= -S_{22} \\ d &= S_{12}S_{21} - S_{11}S_{22} \\ e &= S_{11}, \end{aligned}$$

where  $S_{11}$ ,  $S_{12}$ ,  $S_{21}$ , and  $S_{22}$  are S-parameters of six port junction.

W-plane to  $\Gamma$ -plane bilinear transformation is shown in Fig. 1.

After six-port-to-four-port reduction and error box calibration,  $|b_2|$  and  $\Gamma$  can be determined.

Therefore the phase difference and amplitude ratio of  $a_1$  and  $a_2$  can be obtained.

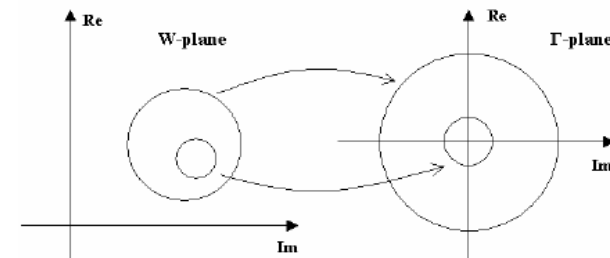


Fig. 1 W-plane to  $\Gamma$ -plane bilinear transformation

#### 4. Real-time calibration method for six-port receiver[4]

Physical six-port calibration method use external physical standard terminals to its input port. However, for a six-port receiver, it would be entirely impractical. It is therefore necessary to develop a calibration method free from any external connection.

To accomplish this goal, new six-port calibration methods is achieved by feeding a RF signal other than the reference source into DUT port of the six-port. This signal can be either an unmodulated signal carrier with a frequency adjacent to the six-port local source frequency, or a digital modulated signal with a frequency equal to or close to the local source frequency. The resulting output waveforms of the diode detectors of the six-port are actually beat-signals of the two RF signals. The voltage readings corresponding to a group of widely distributed terminations are acquired by properly sampling these waveforms.

As we know, the leakage of the received signal to the local oscillator reference port is small, and may be neglected. In this case, the relationship between the output data of SPR and the three power ratios of the detectors of the six-port become linear, and can be expressed as follows:

$$\Gamma_r = A_{r1}p_1 + A_{r2}p_2 + A_{r3}p_3 + C_r \quad (9)$$

$$\Gamma_i = A_{i1}p_1 + A_{i2}p_2 + A_{i3}p_3 + C_i \quad (10)$$

where  $\Gamma_r$ ,  $\Gamma_i$  are the calculated output data, whereas  $A_{rj}$ ,  $A_{ij}$  ( $j=1,2,3$ ) and  $C_r$ ,  $C_i$  are calibration parameters to be determined. Power ratios at the output detectors of the six-port are  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$ .

It is clear that from the above equations that a total of eight parameters should be determined from the calibration procedure. Therefore, four known sets of I, Q values or signal standards SS should be used to obtain eight linear equations for solution of the above eight parameters of calibration  $A_{rj}$ ,  $A_{ij}$  and  $C_r$ ,  $C_i$ . These four known sets of I, Q values are ideally selected as being the four different states in QPSK. However, simulation shows that the calculation diverges when the four known sets of I, Q values have the same amplitude. Hence, at least the amplitude of one signal standard should be different from the remaining three. Therefore, we choose three sets of I, Q values from the four states of a QPSK signal and a zero signal at the input of the re-





ceiver as the fourth known I, Q set. The zero signal input can be achieved by applying a large bias to drive the low-noise amplifier (LNA) in the receiver front end far beyond cutoff. An alternative method is to insert an attenuation for example, 3 or 6 dB in the fourth set of QPSK signal.

From the above four sets of I, Q values or signal standards, we have four sets of detector output power ratios of the six-port, namely, Q with  $k=1, 2, 3, 4$  and  $j=1, 2, 3$ . Substituting  $Q_{kj}$  into Equation (7) and equating the left-hand  $k, j$  side of these equations to the standard I, Q values, (1, 1), (-1, 1), (-1, -1), and (0, 0) we have two systems of four linear equations. One of them corresponds to Equation (8), and the other to Equation (9). Solving these systems of linear equations, we obtain the following parameters,  $A_{rj}$ ,  $A_{ij}$   $j=(1, 2, 3)$  and  $C_r$ ,  $C_i$  from which the calculations of the receiver output I, Q data are made using the ratios of the output readings of the power detectors in Equation (7).

### 5. Demodulation algorithms results

The complex constants related to six-port circuit  $X_i$ ,  $Y_i$  that are obtained from calibration to arrive at required receiver demodulation. Table 1 and 2 show the simulated demodulation results for virtual six-port circuit for QPSK and QAM16 modulations when using suitable algorithms.

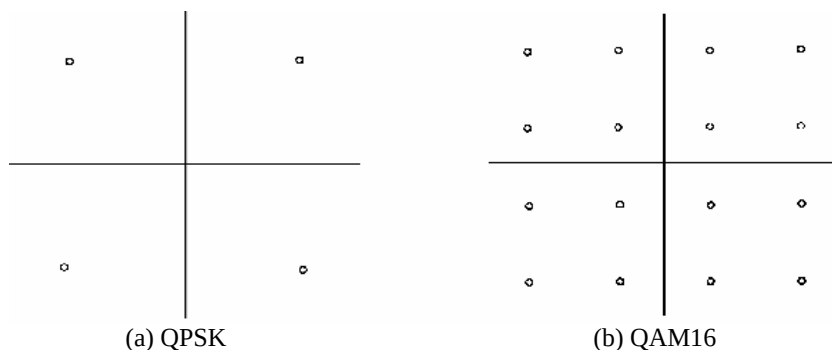


Fig.2 Input signal constellations for QPSK and QAM16 modulation

Table 1 Demodulation data result for QPSK signal

| Input                          | Output                              | Input                           | Output                              |
|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|
| $1.0000 \cdot \exp(j45^\circ)$ | $1.0205 \cdot \exp(j46.66^\circ)$   | $1.0000 \cdot \exp(j225^\circ)$ | $1.0000 \cdot \exp(j224.68^\circ)$  |
| $1 \cdot \exp(j 135^\circ)$    | $0.9595 \cdot \exp(j 139.42^\circ)$ | $1 \cdot \exp(j 315^\circ)$     | $1.0365 \cdot \exp(j 315.45^\circ)$ |



Table 2 Demodulation data result for QAM16 signal

| Input                               | Output                              | Input                               | Output                              |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| $4.2426 \cdot \exp(j 45^\circ)$     | $4.1636 \cdot \exp(j 47.46^\circ)$  | $1.4142 \cdot \exp(j 225^\circ)$    | $1.5123 \cdot \exp(j 227.20^\circ)$ |
| $3.1623 \cdot \exp(j 18.43^\circ)$  | $3.1548 \cdot \exp(j 18.90^\circ)$  | $3.1623 \cdot \exp(j 251.56^\circ)$ | $3.1305 \cdot \exp(j 249.71^\circ)$ |
| $1.4142 \cdot \exp(j 45^\circ)$     | $1.2892 \cdot \exp(j 43.18^\circ)$  | $4.2426 \cdot \exp(j 225^\circ)$    | $4.2693 \cdot \exp(j 224.02^\circ)$ |
| $3.1623 \cdot \exp(j 71.56^\circ)$  | $2.9562 \cdot \exp(j 43.15^\circ)$  | $3.1623 \cdot \exp(j 198.43^\circ)$ | $3.1952 \cdot \exp(j 201.29^\circ)$ |
| $3.1623 \cdot \exp(j 341.57^\circ)$ | $3.2395 \cdot \exp(j 341.25^\circ)$ | $3.1623 \cdot \exp(j 108.44^\circ)$ | $2.9198 \cdot \exp(j 111.52^\circ)$ |
| $4.2426 \cdot \exp(j 315^\circ)$    | $4.3099 \cdot \exp(j 341.82^\circ)$ | $1.4142 \cdot \exp(j 145^\circ)$    | $1.2758 \cdot \exp(j 143.24^\circ)$ |
| $3.1623 \cdot \exp(j 288.44^\circ)$ | $3.1222 \cdot \exp(j 287.17^\circ)$ | $3.1426 \cdot \exp(j 161.57^\circ)$ | $3.0527 \cdot \exp(j 166.60^\circ)$ |
| $1.4142 \cdot \exp(j 315^\circ)$    | $1.4511 \cdot \exp(j 311.64^\circ)$ | $4.2426 \cdot \exp(j 145^\circ)$    | $3.9331 \cdot \exp(j 141.67^\circ)$ |

The simulated demodulation results show that the receiver has an accuracy of  $\pm 5$  degrees in phase and  $\pm 0.4$  dB in amplitude. It is found that actual six-port circuits do indeed comply with above resolution in phase and amplitude.

### 6. Conclusion

The development of SDR technology based on six-port receiver scheme has been investigated and some simulations and experimental results obtained particularly at millimeter-wave frequencies are presented. The six-port based receiver can support multi-modulation and multi-band communication and it should achieve better performances than existing super-heterodyne or direct conversion receiver when coding, carrier recovery and higher level of circuit integration technology are implemented. The six-port receiver scheme is strongly motivated by the fact that the speed and present state-of-the-art re-configurable devices such as digital signal processors (DSP) and field programmable gate arrays (FPGA) are already satisfactory and increased performances with price reduction are foreseen. On the other hand, the cost of the microwave components for six-port receiver can be reduced mainly due to increased circuit integration means and six-port receiver approach. Therefore, a receiver configuration that shifts the complexity to digital signal processing and alleviates problems associated with RF components can be viable in terms of cost, functionality and market penetration.

### References

1. A.A. L'vov and A.A. Morzhakov, "Statistical estimation of the complex reflection coefficient of microwave loads using a multi-port reflectometer," Proceed. of 1995 SBMO/IEEE MTT-S International Microwave and Optoelectronic Conference, Rio-de-Janeiro, Brazil, July, 1995, vol. 2. P. 685 - 689.
2. F.M. Ghannouchi, A. Mohammadi, *The six-port technique with microwave and wireless applications*, Boston, London: Artech House, 2009.
3. J.F. Gagné, J. Gauthier, and R.G. Bosisio, "High Speed Low Cost Architecture of Direct Conversion Digital Receiver", IEEE IMS Symposium, Phoenix, AZ, Conf. Proceedings, vol.2, pp.1093-1096, May 20-25, 2001.
4. N. Semezhnev, A.A. L'vov, P.A. L'vov, et.al, "A Novel Parameter Estimation Technique for Software Defined Radio System Based on Broadband



Multi-port Receiver," Proceedings of the XI Internat. Conf. SIBCON-2015, Omsk, 2015.

5. B.M. Katz, A.A. L'vov, V.P. Meschanov, *et.al* "Synthesis of a Wideband Multiprobe Reflectometer," IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 56, No. 2, February, 2008, P. 507-514.

6. A.A. L'vov and K.V. Semenov "A Statistical Calibration Technique of the Automated Multiprobe Transmission Line Reflectometer" – Proc. 10th Intern. Conf. "Systems for Automation of Engineering and Research", 1996, St. Konstantin, Bulgaria, pp. 38-42.

7. L'vov, A.A. Statistical Approach to Measurements with Microwave Multi-port Reflectometer and Optimization of Its Construction / A.A. L'vov, R.V. Geranin, N. Semezhnev, P A. L'vov // Proceedings of Microwave and Radio Electronics Week (MAREW 2015). 14th Conference on Microwave Techniques (COMITE 2015), Pardubice, Czech Republic, April, 22 - 23, 2015, P. 179-183.

N. Semezhnev, D.A. Bulykin

## DIODE POWER DETECTORS IN SOFTWARE DEFINED RADIO APPLICATIONS

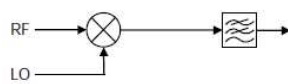
(Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia)

**Abstract:** In this paper an observation of diode power detectors in software defined radio systems is provided. The mathematical model of such detectors is discussed and its advantages are revealed. The results of computer simulation confirming the theoretical result are given.

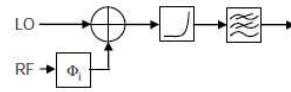
**Keywords:** diode power detector, software defined radio, digital signal processing, continuous wave, modulation.

### 1. Introduction

In a multi-port receiver, the extremely large bandwidth and the very high maximum frequency is achieved by using semiconductor diodes in a power detector configuration. Cut-off frequencies of Schottky diodes can reach terahertz frequencies [1]. In fact, the diode based power detector can be regarded as a diode mixer with an LPF at the output. Fig. 1(a) shows the process of conventional multiplicative mixing where transistors are used for frequency conversion (i.e. in a Gilbert cell) with subsequent low pass filtering.



(a) Multiplicative mixing



(b) Additive mixing (multi-port down conversion)

Fig. 1: Multiplicative versus additive mixing. The additive mixing process is the basis of the multi-port theory



The new concept that is used in multi-port receivers is based on additive mixing as shown in Fig. 1(b). In a multi-port receiver, each of the four output ports is connected to a power detector. The signal addition itself takes place in the interferometer circuit which superposes the radio frequency (RF) and local oscillator (LO) signals under different phase angles  $\Phi_i$ . It is possible to make such interferometers very broadband [3]. In comparison to conventional IQ mixers with two output ports, the signals at the output ports of the power detectors must be processed further. The baseband IQ signals are calculated from the four power readings after a calibration process.

Linearization of the diode power detectors characteristics is performed to open up limitation of diode power detector's dynamic range and to extend it without affecting the received signal quality. The output voltage of the diode power detector is used to predict its characteristic and compensate for its nonlinear behavior.

### 2. Semiconductor Diode Circuit Model

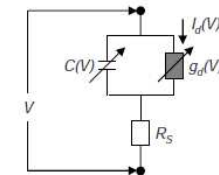
In order to understand the diode power detector, it is necessary to have a circuit model for the Schottky diode. This model has to be valid for both the large signal, nonlinear case as well as for the small signal case [2]. Since the Schottky diode is largely immune to minority carrier effects, the junction capacitance

$$C(V) = \frac{C_{j0}}{\sqrt{1 - V/\phi_{bi}}} \quad (1)$$

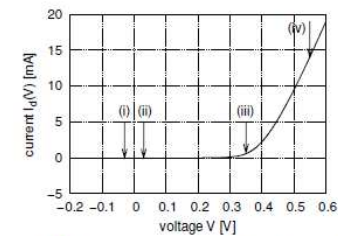
and diode current

$$I_d(V) = I_s(e^{\alpha V} - 1), \quad (2)$$

where  $\alpha = e_0 V / nk_B T$ , change almost instantaneously with junction voltage  $V$  ( $C_{j0}$  is the junction capacitance at zero bias);  $\phi_{bi}$  is the built-in potential from Schottky contact;  $I_s$  is the reverse saturation current;  $e_0$  is the charge of an electron,  $n$  is the diode ideality factor;  $k_B$  is the Boltzmann constant ( $1.37 \times 10^{-23}$  J/K);  $T$  is the absolute temperature in Kelvin. It is typically between  $10^{-6}$  and  $10^{-15}$  A, and at  $T=290$  K,  $\alpha=28$  mV). Therefore, the DC expressions for these quantities are valid to very high frequencies in the hundreds of GHz. In the large signal diode model, it is assumed that the capacitance and current are functions of the junction voltage alone. This is valid up to at least 250 GHz [5].



(a) Simple equivalent circuit for Schottky diode



(b) DC characteristics of Schottky diode with typical regions (i) through (iv)

Fig. 2: Equivalent circuit of Schottky diode and its DC characteristics



A circuit model for the Schottky diode is shown in Fig. 2(a). It consists of a voltage variable resistance (or conductance  $g_d(V)$ ) and capacitance for the junction  $C(V)$ , and a fixed series resistance  $R_S$ . Other elements that describe packaging are not included. It is important to differentiate between large signal and small signal diode parameters. For large signal circuits such as the six-port receiver with only a large LO signal applied, the junction current and capacitance have a non-linear dependence on the instantaneous junction voltage ( $C(V)$  and  $I_d(V)$  are given in Eq. 1 and 2, where  $V$  represents the instantaneous voltage of the time varying voltage)[7].

In the small signal case, it is assumed that the magnitude of the AC junction voltage is very small. There may also be a larger junction voltage component, such as a DC bias or a larger LO signal. If the alternating current (AC) voltage is small enough, the capacitance and junction resistance may be treated as linear quantities, although they may vary as the larger applied voltage is varied. The small signal junction conductance  $g_d(V)$  is the derivative of the diode current

$$g_d(V) = \frac{dI_d}{dV} = \alpha I_s e^{\alpha V} = \alpha(I_d(V) + I_s), \quad (3)$$

which result in the junction conductance being proportional to its current.  $I_s$  is very small compared to  $I(V)$  for forward conduction and can be ignored.

A linear plot of the DC characteristics of a Schottky diode is shown in Fig. 2(b) (different regions are marked). For very small applied voltages  $V$ , the current response of the diode can be approximated with its quadratic term from a Taylor expansion of Eqn. 2 (between (i) and (ii)). Higher order terms appear between (ii) and (iii). For higher voltages, the limit for the current is given by the series resistance  $R_S$  which leads to a linear dependence beyond point (iv). For power detection, the input voltage should stay in the quadratic region of the diode, where the output current  $I_d$  is proportional to the square of the input voltage and, therefore, proportional to the input power:

$$I_d \propto V^2 \propto P_{in} \quad (4)$$

### 3. Diode Detectors in Multi-Port Applications

The properties of a semiconductor diode are well suited for multi-port applications. What is needed is the quadratic relationship between RF input power and baseband output voltages. Fig. 3(a) shows a simple power detector as it is used in multi-port applications[6].

For broadband RF matching, the input impedance  $Z_0$  should equal the line impedance, which is 50 in most applications. The input power generates an AC voltage  $V_d$  across the diode. This AC voltage generates the diode current which is low pass filtered at the output by a capacitance  $C_{LP}$ . The load at the output is in the order of M. The detector output voltage  $V_{RL}$  is the voltage across the load resistance. In the picture of a power detector, a single sine wave signal generates a DC offset voltage at the output port which, in the quadratic region of the diode, is proportional to the input power. Fig. 3(b) shows the characteristic input power to detector output power relationship. For most semiconductor diodes, the quadratic region goes up to approximately -20 dBm in a 50  $\Omega$  environment generating an output voltage in the order of mV [4].

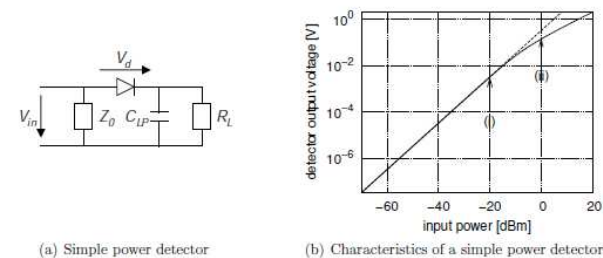


Fig. 3: Characteristic response to RF power of a simple power detector

For even larger input powers, the diode does not operate any longer in its quadratic region and power is lost to higher order terms (transition region between (i) and (ii)). These higher order terms do not contribute to the DC offset and are filtered by  $C_{LP}$ . Due to this, the detector output voltage does not increase linearly with input power. For even larger input voltages  $V_{in}$ , the diode operates in rectification mode where the detector output voltage  $V_{RL}$  is proportional to the amplitude of the RF input signal  $\sqrt{P_{in}}$  (in other words, proportional to the square root of the input power):

$$V_{RL} \propto V_{in} \propto \sqrt{P_{in}} \quad (5)$$

However, this model of the working principle of the diode detector in a multi-port application is not very accurate. In fact, in multi-port applications, there is not only one single sine wave signal to be detected, but the sum of the RF and LO signal. Therefore, the operation mode of the diode detectors in multi-port applications is rather a mixing of two signals on a non-linearity. This non-linearity is given by the quadratic region of the diode. The superposition, or the addition of the two signals RF and LO, is accomplished by the interferometer circuit.

### 4. Measurement Test Setup

The test setup to characterize and linearize a diode based peak power detector is shown in Fig. 4. The baseband quadrature amplitude modulation (QAM) modulated symbols are generated on a desktop PC in MATLAB. The baseband symbols are passed through a raised-cosine filter with a roll-off factor 0.3 (up-sampled by 8) and a delay of 3 taps. These pulse shaped symbols are further passed to an  $I/Q$  modulation generator (AMIQ from Rhode & Schwarz GmbH & Co.) to generate an  $I/Q$  modulated signal. This pulse shaped and  $I/Q$  modulated signal is frequency up-converted to a desired carrier frequency (2.5GHz) using a SMIQ03B vector signal generator from Rhode & Schwarz. The power level for the input excitation is set in the SMIQ and this passband signal is then fed to the diode power detector (8472B from Agilent Technologies, Inc.). Voltage generated by the Schottky detector in response to a particular excitation signal is captured using a synchronized dual-channel VSA (89600 series VSA from Agilent Technologies). The captured voltage waveform is used to linearize the diode detector characteristic as discussed in the next section.

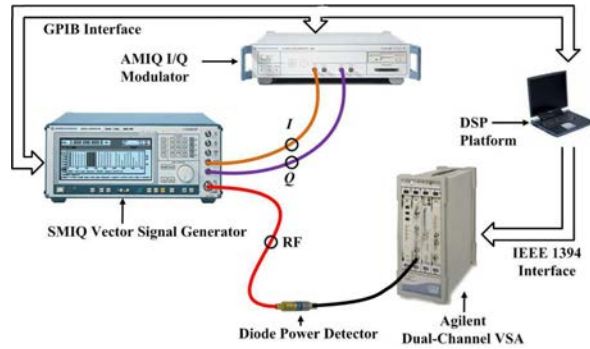
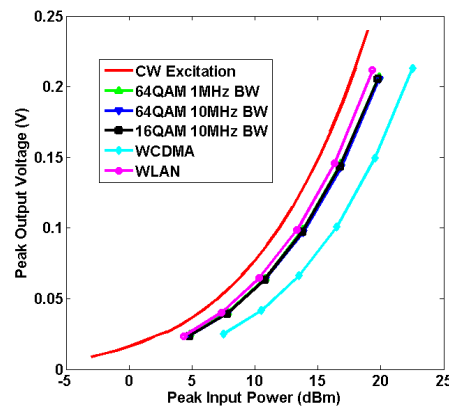


Fig. 4: Test setup for the peak power detector characterization and linearization

### 5. Measurement Results

The actual input peak power and the corresponding output peak voltage characteristics for the diode power detector in response to different excitation signals are shown in Fig. 5. From the plots in Fig. 5, it is obvious that the peak power detector behaves differently for different input excitation signals. The deviation from the continuous wave (CW) response is much more pronounced as the PAPR of the excitation signal increases. Peak power detector characteristic for the Wideband Code Division Multiple Access (WCDMA) signal having the highest PAPR value ( $\approx 9.5\text{dB}$ ) has the highest deviation from the CW characteristic. Deviation of the peak power detector characteristics for QAM modulated signals (PAPR  $\approx 6.8\text{dB}$ ) is intermediate of the WCDMA (PAPR  $\approx 9.5\text{dB}$ ) waveform excitation and the Wireless Local Area Network (WLAN) excitation (PAPR  $\approx 6.3\text{dB}$ ) as shown in Fig. 5. The carrier frequency for all the excitation waveforms is kept same at  $2.5\text{GHz}$ .

Fig. 5: Peak power detector characteristics for different excitation waveforms at a carrier frequency of  $2.5\text{GHz}$ 

In order to show the error in the CW linearized output peak power for the peak power detector, we pass the output voltage waveforms from the diode detector to a CW linearizer. The linearized peak power for different test excitation signals is plotted against the actual input peak power of the excitation signal in Fig. 6.

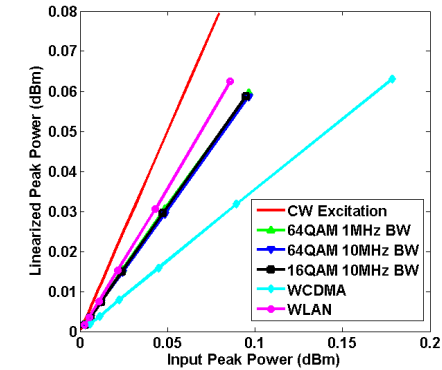


Fig. 6: Linearized peak power versus the actual input peak powers for different types of excitation signals

The ideal slope for such plots should be equal to unity, if the linearizer block is linearizing perfectly as expected from the theoretical analysis. In practice, the linearizer providing the slope closest to the unity offers the best performance. According to the plots as shown in Fig. 6, we observe that the signal having the highest PAPR (WCDMA) deviates the maximum from the unity slope of the linearized peak power versus the actual input peak power line plot. The slope of the CW excitation when linearized with the CW characterization data is unity. Slopes for all other excitation signals are constant for each of the signals but are other than unity. Based on these observations, it is concluded that the behaviour of the power detector changes depending on the type of excitation.

### 6. Conclusion

In this paper we saw that the behaviour of the diode power detector is different for different excitation signals. This behaviour is remarkably altered from the continuous wave (CW) characteristic of the diode power detector. The CW linearizers based on CW characterization of the diode power detectors result in error when the voltages generated in response to the real modulated signals are given as input to the CW linearizers for linearization, therefore there is a problem creating a new linearizer for diode power detectors. This problem was partly solved in [8].

### References

1. Crowe, T.W. GaAs Schottky Diodes for THz Mixing Applications / T.W. Crowe, R.J. Mattauch, H.P. Rösler, et. al.// Proceedings IEEE, Vol. 80, No. 11, pp. 1827-1841, 1992



2. Maas, S.A. Microwave Mixers / S. A. Maas : Artech House, Inc., ISBN: 0-89006-171-8, 1986
3. Mack, T. An Extremely Broadband Software Configurable Six-Port Receiver Platform / T. Mack, A. Honold, J.-F. Luy // Proceedings of European Microwave Conference (EuMC), Munich, October 2003.
4. Meinke, G. Taschenbuch der Hochfrequenztechnik / G. Meinke. - 5th Edition, Springer Verlag, ISBN: 3-540-54717-7, 1992
5. Ghannouchi, F.M. The six-port technique with microwave and wireless applications/ F.M. Ghannouchi, A. Mohammadi: Boston, London: Artech House, 2009.
6. L'vov, A.A. Statistical Approach to Measurements with Microwave Multi-port Reflectometer and Optimization of Its Construction / A.A. L'vov, R.V. Geranin, N. Semezhnev, P A. L'vov // Proceedings of Microwave and Radio Electronics Week (MAREW 2015). 14th Conference on Microwave Techniques (COMITE 2015), Pardubice, Czech Republic, April, 22 - 23, 2015, P. 179-183.
7. Engen, G.F. Application of an Arbitrary Six-Port Junction to Power Measurement Problems / G.F. Engen, C.A. Hoer // IEEE Trans. Instrum. Meas., Vol. 21. No. 5, May 1972, pp. 470–474.
8. Hasan, A.M. Novel Modeling and Calibration Approach for Multi-Port Receivers Mitigating System Imperfections and Hardware Impairments / A. Hasan, B. Helaoui, // IEEE Trans. on MTT, vol. 60, no. 8, pp. 2644-2653, 2012.

A.A. Solopekina, N. Semezhnev, E.G. Umnova

## PRINCIPLES OF MEASUREMENT UNCERTAINTY

(Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia)

### I. The measurement concept

The concept of measurement has deep roots in the human culture since the origin of civilization. Measurements have always been the bridge between the empirical world of phenomena and the abstract world of concepts and knowledge. For this reason, the measurement activity is the basis of knowledge gleaned from experimental results. Apart from science, it even applies to the quantitative assessment of goods in commercial transactions, the assertion of a right, and so on. become more and more important. Galileo Galilei put experimentation at the base of science, showing that it is the only possible starting point for the validation of any scientific theory. More than one century ago, William Thomson, Lord Kelvin, reinforced this concept by stating (in a lecture to the Institution of Civil Engineers, United Kingdom, on 3 May 1883).



## II. The GUM Approach to Uncertainty: Definitions and Methods for Its Determination

The great merit of the GUM is to provide an operative definition of uncertainty and operative prescriptions of how to estimate it. The mathematical background of all definitions and prescriptions is probability theory, which is the bestknown and most effective mathematical theory for handling incomplete information. The main assumption of probability theory is “the result of a measurement has been corrected for all recognized significant systematic effects.” Under this assumption, the remaining effects that cause the “dispersion of the values that could reasonably be attributed to the measurand” are random effects.

Therefore, this dispersion can be represented by a probability density function (pdf), which can be characterized by its first two moments: the mean value and the standard deviation. The mean value is taken as the measurement result  $x$ , and the standard deviation, called “standard uncertainty”  $u(x)$  is used as the “parameter that characterizes the dispersion of the values that could reasonably be attributed to the measurand” [1].

### Type A Evaluation

As far as the evaluation of the uncertainty components is concerned, the GUM suggests that some components may be evaluated from the statistical distribution of the results of a series of measurements and can be characterized by experimental standard deviations. Of course, this method can be applied whenever a significant number of measurement results can be obtained, by repeating the measurement procedure under the same measurement conditions. The evaluation of the standard uncertainty by means of the statistical analysis of a series of observations is defined by the GUM as the “type A evaluation.”

### Type B Evaluation

Other components of uncertainty may be evaluated from assumed probability distributions, where the assumption may be based either on experience or on other information. These components are also characterized by the standard deviation of the assumed distribution. This method is applied when the measurement procedure cannot be repeated or when the confidence interval about the measurement result is known a priori, i.e., by means of calibration results. The evaluation of the standard uncertainty by means other than the statistical analysis of a series of observations is defined by the GUM as the “type B evaluation.”

## III. Around values attributed to the measurand confidence interval evaluation

The method for expressing and evaluating uncertainty should also provide a confidence interval, which is an “interval about the measurement result within which the values that could reasonably be attributed to the measurand may be expected to lie with a given level of confidence” [1].

The probability theory ensures that the probability density function associated with the dispersion of the measurement result is known (or assumed); the width of such a confidence interval can be obtained by multiplying the standard uncertainty by a suit-



able coverage factor,  $K$ . [2] This coverage factor depends, of course, on the probability density function of the result and the given level of confidence. The expanded uncertainty  $U = K \cdot u(x)$  is thus obtained, so that the confidence interval (with the given level of confidence)  $x \pm U$  about the measurement result  $x$  is obtained. [1]

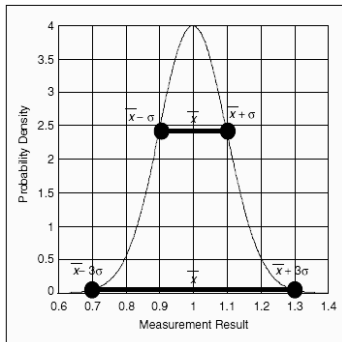


Fig. 1. Example of determination of the interval of confidence starting from a given pdf

The results of a measurement distribute according to a normal distribution about the mean value  $\bar{x}$ , as shown in Figure 1.

The standard uncertainty is given by the standard deviation  $\sigma$  of this distribution. If  $K=1$  is taken, a confidence interval  $\bar{x} \pm \sigma$  is obtained and the level of confidence is 68.3%. If  $K = 2$ , then the confidence interval is  $\bar{x} \pm 2\sigma$  and the level of confidence climbs up to 95%. Similarly, if  $K=3$ , then the confidence interval becomes  $\bar{x} \pm 3\sigma$  and the level of confidence increases to 99.7%

#### IV. Combined Standard Uncertainty

The uncertainty that has to be associated with the result of such a measurement should be obtained from the uncertainty values associated with the single measurement results employed in the evaluation of the measurand [1]. The GUM defines this uncertainty value as the “combined standard uncertainty,” that is, the “standard uncertainty of the result of a measurement when that result is obtained from the values of a number of other quantities, equal to the positive square root of a sum of terms, being the variances or covariances of these other quantities weighted according to how the measurement result varies with changes in these quantities” [1].

Such a definition can be easily expressed with a mathematical equation when the result  $y$  of a measurement depends on  $N$  other measurement results  $x_i$ ,  $1 \leq i \leq N$  according to the following relationship:

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_N) \quad (1)$$

If the hypotheses of the central limit theorem are met, that is, if the

- 1.) relationship  $f(\bullet)$  is linear (at least in a suitable interval about the measurement result, which generally happens when the uncertainty values are reasonably small);[4]



- 2.) the number  $N$  of the measurement results  $x_i$  tends to infinity (or at least is high enough to approximate this condition);
- 3.) none of them is prevailing over the others (These hypotheses are generally satisfied, at least at first, in many practical applications. A short discussion on how to deal with the cases when they are not satisfied is reported in the next section.) [5];
- 4.) the final result  $y$  can be supposed to distribute according to a normal probability distribution, whose combined standard uncertainty is given by [1].

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} u(x_i, x_j)} \quad (2)$$

where  $u(x_i)$  is the standard uncertainty associated with the measurement result  $x_i$  and  $u(x_i, x_j)$  is the covariance of  $x_i$  against  $x_j$ . It is worth noting that, from a strict mathematical point of view, (2) provides correct results only when all mathematical constraints listed above are satisfied. In practice, this is not always verified, and (2) can only approximate the correct result; the effectiveness of such an approximation should be checked each time [6].

If the degree of correlation between  $x_i$  and  $x_j$  is expressed in terms of the correlation coefficient

$$r(x_i, x_j) = \frac{u(x_i, x_j)}{u(x_i)u(x_j)}, \quad (3)$$

where  $r(x_i, x_j) = r(x_j, x_i)$  and  $-1 \leq r(x_i, x_j) \leq 1$ , can be slightly altered

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i) + 2 \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \frac{\partial f}{\partial x_i} \frac{\partial f}{\partial x_j} r(x_i, x_j) u(x_i) u(x_j)} \quad (4)$$

If the measurement results  $x_i$  and  $x_j$  are totally uncorrelated, then  $r(x_i, x_j)=0$ , and therefore the combined standard uncertainty is given by

$$u_c(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \left( \frac{\partial f}{\partial x_i} \right)^2 u^2(x_i)}. \quad (5)$$

#### Conclusions

The following fundamental concepts of measurement science have been briefly reported in this article:

- 1.) the result of a measurement provides only incomplete knowledge of the measurand, whose true value remains unknown and unknowable;
- 2.) a measurement result can be usefully employed only if the associated uncertainty is estimated and if it can be traced back to the appertaining standard; otherwise, it is a meaningless value;

Although this approach has proved to be effective and provided fairly correct results in many different situations.





## References

1. Guide to the expression of uncertainty in measurement. - BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, and OIML, 1993.
2. Mutual recognition of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes. - CIPM, Sèvres, France, 1999.
3. Guide to the expression of uncertainty in measurement, supplement 1, numerical methods for the propagation of distributions. - BIPM, IEC, IFCC, ISO, IUPAC, and OIML, 2004.
4. D'Antona, G. Expanded uncertainty and coverage factor computation by higher order moments analysis / G. D'Antona // Proc. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conf., 2004, pp. 234–238.
5. Shafer, G.A. Mathematical Theory of Evidence. Princeton / G.A. Shafer. - NJ: Princeton Univ. Press, 1976.
6. L'vov, A.A. Statistical estimation of the complex reflection coefficient of microwave loads using a multiport reflectometer / A.A. L'vov and A.A. Morzhakov // Proceed. of International Microwave and Optoelectronics Conf., 1995., SBMO/IEEE MTT-S, Vol. 2, pp. 685-689.

A.A. Solopekina, S.A. Kuzin, R.S. Kononov

## UNCERTAINTY ANALYSIS OF STRAIN GAGE CIRCUITS

(Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia)

**Abstract:** A new topology of strain gage sensor signal conditioner based on the alternative current loop is proposed. The mathematical model of this sensor is discussed and its advantages are revealed. The results of computer simulation confirming the theoretical result are given.

**Keywords:** Gage sensors, current loop circuit, digital signal processing, Wheatstone bridge, interval analysis.

## 1. Introduction

Historically, the development of strain gages has followed many different approaches, and gages have been developed based on mechanical, optical, electrical, acoustical and even pneumatic principles [1]. Electrical resistance strain-gauge nearly satisfies all of the optimum requirements for a strain gage; therefore it is widely employed in stress analysis and as the sensing element in many other applications. The minute dimensional change of mechanical elements in response to a mechanical load, pressure, force, and stress causes a change in the resistance of the strain gage.

The bridge circuit has been a standard measurement circuit topology for over a century. Some derivative of it could reliably estimate almost any resistive and reactive electrical quantity when the product of the opposite bridge arm impedances was adjusted to be equal. As an electrical circuit for variable-impedance sensor element signal conditioning, the classic Wheatstone bridge provides a number of well-known



advantages [3]. However, there are important limitations inherent to this circuit [4], namely: 1) only half the signal from each element's impedance change is typically consumed in adjacent bridge arms; 2) the output signal is usually a nonlinear function of impedance change per individual bridge add measurement uncertainty, particularly when they occur in the inter-bridge wiring and especially when the various changes do not evolve identically; 4) the transfer function, including compensation, of a bridge transducer is typically not adjustable after manufacture and installation when the actual operating environment becomes known. Therefore, it is necessary to carry out the previous precise calibration of the gage sensor using the discrete trimming as well as accurate laser trimming techniques [2]. To eliminate the influence of connecting wires and nonlinearity of bridge circuit it was suggested [5] to use the current loop circuit put forward by K.F. Anderson [4]. It allows one to account for the parasitic influence of environmental variations in transducers' resistances as well as the induced noise and to introduce the required corrections into the output signal of this signal conditioner.

## 2. Analysis using interval arithmetic

In strain measurement, the uncertainty can arise from the process, strain gage, measuring circuits, lead wire and data representation element. In comparison to the classical methods, interval method considers all the sources of uncertainty and estimate in a single step of evaluation [6]. Hence it is proposed that interval method is a viable and alternative tool for uncertainty analysis of strain gage measuring circuits.

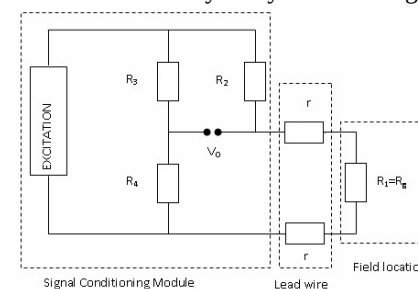


Fig. 1 Strain Measuring circuits (Quarter bridge)

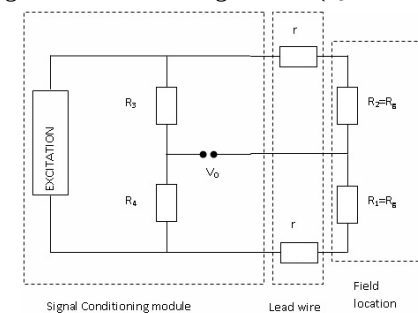


Fig. 2 Strain Measuring circuits (Half bridge)

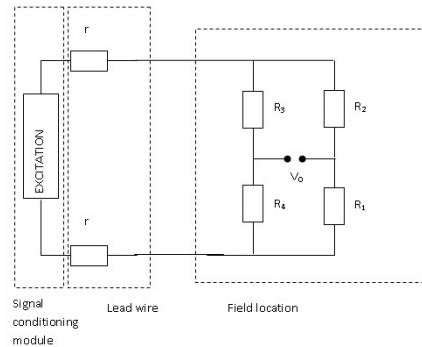


Fig. 3 Strain Measuring circuits (Full bridge)

Quarter bridge arrangement shown in Fig 1 utilizes a single active strain gage in position  $R_1$  and is often employed for both static and dynamic strain measurements if the temperature compensation is not required. The  $R_1 = R_G$  and the other three resistances are selected to maximize the circuit sensitivity while maintaining the balance condition  $R_1 R_3 = R_1 R_4$ . The performance function with the lead wire resistance ( $r$ ) is [3]

$$V_0 = \left( \frac{\frac{[V_{in}]}{4} \times \frac{\Delta R_G}{[R]}}{\left( 1 + \frac{\Delta R_G}{2[R]} + \left( \frac{[r]}{[R]} \times 2 + \frac{\Delta R_G}{[R]} \right) \right)} \right) \quad (1)$$

The half bridge arrangements shown in Fig. 2, utilizes two active strain gages in position  $R_1$  and  $R_2$  and are denoted as  $R_G$  and the performance function is

$$V_0 = \left( \frac{[V_{in}] \times \frac{\Delta R_G}{[R]}}{2 \left( 1 + \frac{2[r]}{[R]} \right)} \right) \quad (2)$$

In full bridge configuration, four active strain gages are used as shown in Fig. 3. When the gages are placed on a cantilever beam in bending, with tensile strain on gages 1 and 3 (top surface of the beam) and compressive strain on gages 2 and 4 (bottom surface of the beam), the performance function with lead wire resistance ( $r$ ) is

$$V_0 = \left( \frac{[V_{im}] \times \left( \frac{\Delta R_G}{[R]} \right)}{\left( 1 + \frac{2[r]}{[R]} \right)} \right) \quad (3)$$

where  $v_0$  is the output voltage;  $v_{in}$  is the excitation voltage, the resistance of fixed resistors are denoted as  $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$ ;  $r$  is the lead wire resistance; and  $\Delta R_G$



is the change in resistance of strain gage. The performance function of a quarter, half and full bridge strain measuring circuit given in equations (1), (2) and (3) are expressed in the form of natural interval extension function by replacing the uncertain input parameters in interval form.

### 3. Circuit topology

In this section the modification of the current loop for gage measurements with the utmost accuracy based on the optimal digital signal processing (DSP) is proposed.

The block diagram of proposed signal conditioner based on the current loop is shown on Fig. 4.

In principle, the direct current (DC) source can be used in the loop circuit. Then the output samples of the channel responses can be written as [5], [8]

$$v_{ik} = V_k(t_{ik}) = A_k \psi(t_{ik}) + B_k + \xi_{ik}, \quad i=1, 2, \dots, N, \quad k=1, 2, 3, 4, R; \quad (4)$$

where  $A_k$  is the unknown response amplitude of the  $k$ -th channel be estimated from samples  $v_{ik}$ ;  $B_k$  is the DC offset to the signal to be acquired from the  $k$ -th channel;  $t_{ik}$  are the discrete time moments;  $\xi_{ik}$  is the  $A_k$  are of interest for us. The offset that requires making the sampled signals positive, but due to zero drifts of operational amplifiers it is assumed to be unknown.

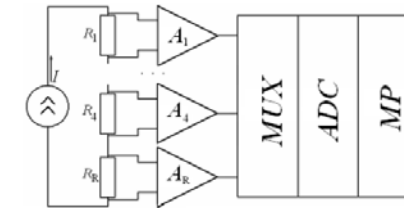


Fig. 4. Gage pressure sensor electric circuit.  $I$  is a current source;  $R_1, \dots, R_4, R_R$  and  $A_1, \dots, A_4, A_R$  are resistors and amplifiers respectively; MUX is a multiplexer; ADC is an analog-to-digital converter; MP is a microprocessor; index  $R$  corresponds to the reference unit.

In order to solve the set (4) for  $A_k$  and eliminate the unknown offsets  $B_k$  we need to modulate the DC signal in predetermined manner  $\psi(t)$  (e.g. as meander line).

After sampling procedure the subsequent digital processing of all responses is performed by the microprocessor. The sampled signals taken from channels can be represented as follows [5], [8]:

$$v_{ik} = V_k(t_{ik}) = A_k \sin[2\pi(f_0 + \lambda)t_{ik} + \varphi_k] + B_k + \xi_{ik}, \quad i=1, 2, \dots, N, \quad k=1, 2, 3, 4, R; \quad (5)$$

where  $A_k$  and  $\varphi_k$  are the unknown amplitude and phase of the  $k$ -th channel response to be estimated;  $\lambda$  is the small fluctuation of the central frequency  $f_0$  occurred due to source instability.

The additive noise  $\xi_{ik}$  caused largely by the amplifiers thermal noise is implied to be normally distributed with zero mean and unknown variance  $\sigma^2$ . In addition, the value of  $\lambda$  is considered to be very small in comparison with  $f_0$  ( $|\lambda / f_0| \leq 0.01$ ). And



finally, the values of  $t_{ik}$  and  $t_{im}$  are not equal for different channels when  $k \neq m$ . Under these assumptions the set (2) can be solved by the ML method for unknown parameters  $A_k$ ,  $\varphi_k$ ,  $B_k$ , and  $\lambda$  [5]. The total number of unknowns is 16.

If the total measuring time does not exceed the several periods of feeding current (e.g. 2-3 periods), the value of  $\lambda N \tau \leq 0.15$  (where  $\tau = t_{ik} - t_{(i-1)k}$ ). In this case, the sine and cosine of  $\lambda t_{ik}$  can be substituted by their approximations:  $\sin \lambda t_{ik} \approx \lambda t_{ik}$  and  $\cos \lambda t_{ik} \approx 1$ . Then the set (2) can be rewritten after the brackets removal as

$$v_{ik} \approx A_k \sin(2\pi f_0 t_{ik}) \cdot \cos \varphi_k + A_k 2\pi \lambda t_{ik} \cos(2\pi f_0 t_{ik}) \cdot \cos \varphi_k + B_k + \\ + A_k \cos(2\pi f_0 t_{ik}) \sin \varphi_k - A_k 2\pi \lambda t_{ik} \sin(2\pi f_0 t_{ik}) \cdot \cos \varphi_k + \xi_{ik}, \\ i=1, 2, \dots, N, \quad k=1, 2, 3, 4, R; \quad (6)$$

The solution of analogues seven parameter estimation problem was discussed in [7] where the responses of two channels were processed. This solution is reduced to iteration procedure when the values of unknown parameters  $A_k$ ,  $B_k$ ,  $\varphi_k$  are obtained under the assumption that the signal frequency is unknown either and should be estimated jointly with amplitudes, phases and off-sets.

In this estimation problem the signal frequency  $f_0 + \lambda$  is approximately known (since  $\lambda \ll f_0$ ). That is why, we use the approach of ML parameter estimation proposed in [5]. The following variable substitution

$$\begin{cases} q_{1k} = A_k \cos \varphi_k, \\ q_{2k} = A_k \lambda \cos \varphi_k, \\ q_{3k} = A_k \sin \varphi_k, \\ q_{4k} = A_k \lambda \sin \varphi_k, \\ q_{5k} = B_k, \end{cases} \quad \text{and} \quad \begin{cases} x_{1ik} = \sin \omega t_{ik}, \\ x_{2ik} = 2\pi \lambda t_{ik} \cos \omega t_{ik}, \\ x_{3ik} = \cos \omega t_{ik}, \\ x_{4ik} = -2\pi \lambda t_{ik} \sin \omega t_{ik}, \\ x_{5ik} = 1; \end{cases} \\ i=1, 2, \dots, N, \quad k=1, 2, 3, 4, R; \quad (7)$$

makes the set (3) linear for new variables  $\mathbf{q} = (q_{11}, \dots, q_{51}, \dots, q_{1R}, \dots, q_{5R})^T$  ( $^T$  the sign designating the transpose matrix)

$$v_{ik} = \sum_{j=1}^5 q_{jk} x_{jik} + \xi_{ik}, \quad i=1, 2, \dots, N, \quad k=1, 2, 3, 4, R; \quad (8)$$

As it follows from (4) and (5), the total number of new variables  $q_{jk}$  is equal to 25. Hence, they are to be bound by 9 bilinear relationships, which can be easily found from the set (4):

$$q_{1k} q_{4k} = q_{2k} q_{3k}; \quad \lambda = q_{2k} / q_{1k}; \quad k=1, 2, 3, 4, R; \quad (9)$$

Really, one can find many more relationships between the variables  $q_{jk}$ , but only 9 of them are independent.

#### 4. Computer Simulation

The comparative study of the accuracy of proposed statistical estimation technique has been performed using computer numerical simulation. Two series of experiments were made. In the first series, the estimation of  $A_k$  was carried out by two different techniques: described in [7] and proposed in this paper. The measuring accuracy is characterized by the standard deviation (STD) of estimating errors. The frequency  $f_0 = 20$  kHz and the sampling rate  $f_m = 1/\tau$  was 10 times higher. The value of



frequency variation is chosen from the range of 0 to 200 Hz. The signal-to-noise ratio (SNR) was determined by the value  $A_k^2/\sigma^2$ . Typical results are shown in Fig. 2, which gives the dependences of decimal algorithm  $\lg(\text{STD})$  of estimating parameter on the decimal logarithm  $\lg(\text{SNR})$  of SNR obtained by the mentioned estimation methods. As it can be seen from the curves, the method proposed in [6] (curves 2 and 3) has the systematic errors caused by the insufficiently accurate estimation of the frequency variation  $\lambda$ . While the estimation accuracy of the suggested technique (curve 1) is free from these errors and defined only by the SNR.

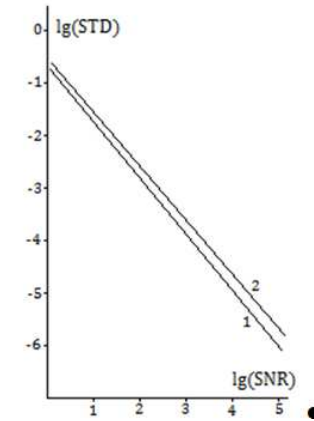


Fig. 5. Dependencies of  $\lg(\text{STD})$  vs  $\lg(\text{SNR})$  for two sensor topologies: 1 – four active measurement gauges and the reference one; 2 – only two active elements and one reference gauge.

#### 5. Conclusion

The performance functions of quarter, half and full bridge strain measuring circuits are non-inclusive hence, the narrow width for output voltage of these circuits is obtained by method of moments instead of interval arithmetic.

The relatively new signal conditioner using the alternating current loop circuit is proposed. It has the higher sensitivity as well as measurement accuracy to be compared with the conventional bridge circuits. Moreover, this signal conditioner allows one to diminish considerably the total sensor cost.

#### References

1. Bently, J.P. Principles of Measurement Systems / J.P. Bently. - Pearson education, Third edition, 2003.
2. Johnston, C. Electronics and Microsystems for High Temperatures - Markets and Applications / C. Johnston // mstnews: Harsh Environments and Reliability, no. 4, 2001, pp. 4-5.
3. Asch, G. Les Capteurs en Instrumentation Industrielle / G. Asch. - Bordas, Paris, 1991.



4. Anderson, K.F. The Anderson Loop: Your Successor to the Wheatstone Bridge? / K.F. Anderson // IEEE Instrum. and Meas. Magazine, Vol. 1, No. 1, pp. 5-15, March 1998.

5. L'vov, A.A. Improvement of the Current Loop Circuit for AC and DC Applications Based on Digital Signal Processing / A.A. L'vov, V.V. Gureyev, V.A. Pylskiy, // Proc. IEEE Instrum. Meas. Technology Conf., Sorrento, Italy, April, 2006, P. 1257-1261.

6. Kolev, L. Worst-Case Tolerance Analysis of Linear DC and AC Electric Circuits / L Kolev // Trans on Circuits and Systems—I: Fundamental theory and applications, Vol- 49, No- 12, pp- 1693-1701, 2002.

7. Ramos, P.M. Recent developments on impedance measurements with DSP-based ellipse-fitting algorithms / P.M. Ramos, F.M. Janeiro, M. Tlemcani, A.C. Serra // IEEE Trans. Instrum. Meas. 58(5), 1680–1689 (2009).

8. L'vov, A.A. Improvement of Piezoresistive Pressure Sensor Accuracy by Means of Current Loop Circuit Using Optimal Digital Signal Processing / A.A. L'vov, P.A. L'vov, R.S. Konovalov // Proceedings of the 2016 IEEE North West Russia Section Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering Conference (2016 ElConRusNW), St.-Peterburg, Russia, 2016. – pp. 279-282.

А.Е. Акимов<sup>1</sup>, А.А. Трешников<sup>2</sup>, Л.С. Зеленко<sup>1</sup>

#### ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ПОДСИСТЕМЫ ОТОБРАЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ О СОСТОЯНИИ ОБОРУДОВАНИЯ ГЭС

(<sup>1</sup> Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва,

<sup>2</sup> ООО Научно-внедренческая фирма «Сенсоры. Модули. Системы»)

Комплексное внедрение информационных технологий в промышленную сферу является одной из зон пристального внимания как государства, так и частных компаний. Особенно это актуально для объектов гидроэнергетики, где сосредоточено большое количество оборудования, управлять которым необходимо в режиме реального времени.

Процесс сбора полной информации о работе оборудования гидроэлектростанции (ГЭС) является трудоемким процессом, требующим больших затрат времени, хотя с точки зрения пользователя эта задача сводится к простой формуле: получать для дальнейшей обработки необходимую информацию в нужное время, в нужном виде, в конкретном месте компьютерной сети предприятия. Решение задачи, описываемой этой формулой, требует подбора аппаратно-программной платформы, модернизации и/или создания подсистем управления технологическими процессами, контроля и учета энергоресурсов и других подсистем основного и вспомогательного



производства, в частности, разработки единого способа отображения технологической информации о состоянии оборудования ГЭС.

Решение задачи унификации способа отображения информации о состоянии объектов ГЭС становится тем более актуальной, чем большее количество различных автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) объединяется в единую сеть для обмена информацией.

Разработанная авторами подсистема позволяет отображать технологическую информацию о состоянии оборудования, собранную из разных АСУ ТП, в виде однотипных мнемосхем, таблиц, сообщений и трендов на одном автоматизированном рабочем месте, а также унифицировать отображение объектов мнемосхем.

Основными функциями подсистемы являются:

- 1) отображение процессов выработки, перетоков и распределения электроэнергии как в обобщенном виде (с помощью зон индикации в пунктах меню и на мнемосхемах), так и для частных параметров (их индикация на мнемосхемах при получении сообщений о выходе параметра за границу аварийной или предупредительной уставки или возникновении неисправности), а также есть возможность работать с оперативными сообщениями и с архивом сообщений;
- 2) загрузка значений параметров и сообщений из базы данных центра сбора и обработки данных (ЦСОД);
- 3) запись операций диспетчера, регламентированных системой (квитирование сообщений, выдача команд) в архив ЦСОД.

На рис.1 представлена главная экранная форма подсистемы (оперативный уровень), позволяющая контролировать текущее состояние основного оборудования станции (гидроагрегатов, трансформаторных групп, открытых распределительных устройств).

На главной форме пользователю доступны следующие функции:

- 1) управление выбором и просмотром мнемосхем с помощью меню;
- 2) сохранение мнемосхем в формате \*.png;
- 3) печать мнемосхем;
- 4) просмотр и квитирование (подтверждение приема) оперативных сообщений, формируемых в информационной среде ГЭС;
- 5) просмотр основной и детальной информации о параметре мнемосхемы;
- 6) «быстрый» просмотр сообщений и значений параметра в графическом виде (на рис. 2 приведен пример окна для просмотра трендов) и в виде таблицы; имеется возможность фильтрации данных по времени и настройки отображения кривых тренда (рис.3) и сохранение полученных данных в файлы различных форматов (графика в формате \*.png, таблицы значений в формате \*.csv);
- 7) просмотр основных показателей ГЭС;



- 8) просмотр значений и сообщений по узлам дерева объектов (форма «Тренды», приведенная на рис. 4) и параметров ГЭС (форма «Журнал сообщений», приведенная на рис. 5), а именно:
  - а) фильтрация дерева объектов и параметров по системе контроля;
  - б) фильтрация значений (сообщений) по времени;
  - в) настройка кривых трендов;
  - г) сохранение (рис. 6) и загрузка (рис. 7) набора выделенных параметров;
  - д) фильтрация сообщений по типу (квитированные, аварийные, неисправные и т.д.);
  - е) выбор отображаемых значений трендов (мгновенное значение, среднее, минимальное, максимальное значение за 1 минуту, 5 минут);
  - ж) сохранение графика в формате \*.png;
  - з) сохранение таблицы значений и сообщений в формате \*.csv;
- 9) работа с подсистемой ВЭП (водно-энергетические показатели) (рис. 8).

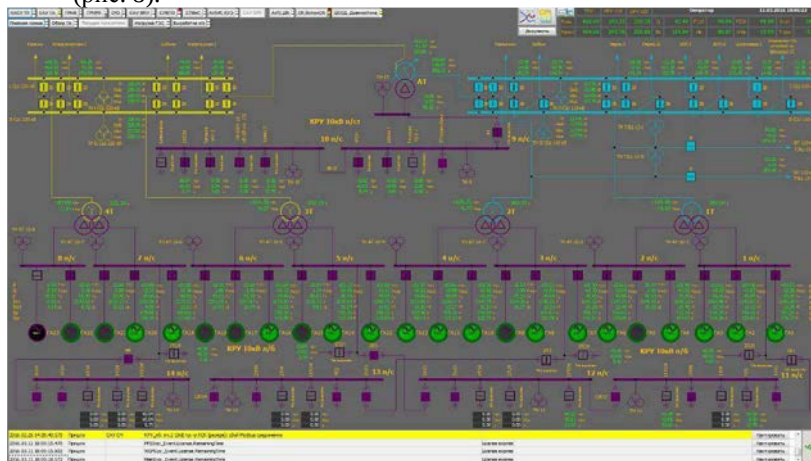


Рис. 1. Главная экранная форма подсистемы

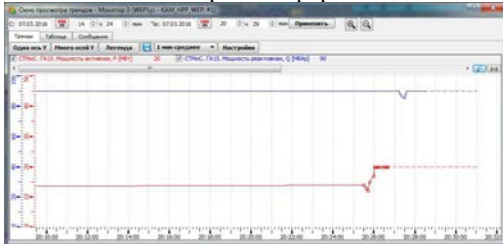


Рис. 2. Окно просмотра трендов

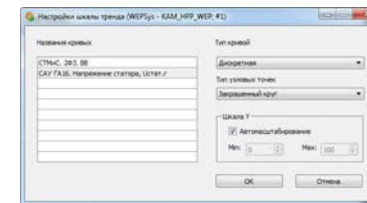


Рис. 3. Окно настроек кривых трендов



Рис. 4. Экранная форма «Тренды»

| Время               | Тип           | Содержимое сообщения                         | Действие |
|---------------------|---------------|----------------------------------------------|----------|
| 2016-01-01 10:00:00 | Аварийное     | Выход за пределы допустимых значений         | Просмотр |
| 2016-01-01 10:05:00 | Квитированное | Завершение работ по устранению неисправности | Просмотр |
| 2016-01-01 10:10:00 | Неисправное   | Обнаружение неисправности оборудования       | Просмотр |

Рис. 5. Экранная форма «Журнал сообщений»

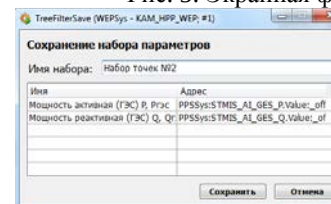


Рис. 6. Окно сохранения набора параметров

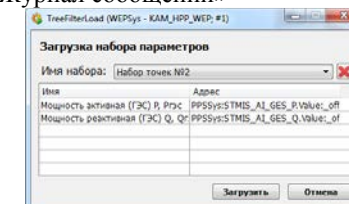


Рис. 7. Окно загрузки набора параметров

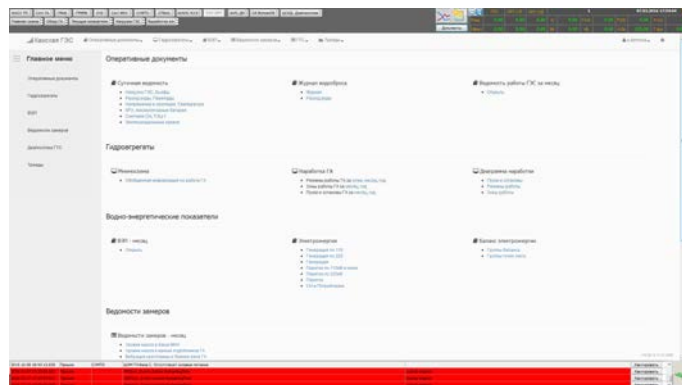


Рис. 8. Экранная форма подсистемы ВЭП

При разработке подсистемы отображения технологической информации о состоянии оборудования ГЭС использовались следующие инструментальные средства и технологии:

- SCADA-система WinCC Open Architecture (OA), которая опирается на объектно-ориентированный подход к формированию экранов отображения процесса и поддерживаемой структуры базы данных;
- язык программирования C#;
- среда разработки VisualStudio 2015.

Разработанная подсистема введена в опытную эксплуатацию в составе единой комплексной АСУ ТП Камской ГЭС для визуализации технологического процесса выработки электроэнергии на автоматизированном рабочем месте оперативного персонала ГЭС.

А.П. Бестужева, И.А. Лёзин

## АПРОКСИМАЦИЯ ФУНКЦИЙ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯМИ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

### Постановка задачи

Основная задача разрабатываемого программного комплекса – аппроксимация таблично заданных функций вейвлет-преобразованиями.

### Введение

Для решения различных задач часто требуется представить некую зависимость, заданную отдельными точками, в виде гладкой функции. Наличие погрешности в исходных данных приводит к нецелесообразности проводить функцию точно через все точки, поэтому требуется получить упрощенное математическое описание сложной или неизвестной зависимости.



Для решения задач аппроксимации существует ряд программных комплексов: MathLab, MathCad, пакет Mathematica, однако они либо вовсе не имеют в своем составе встроенных функций, позволяющих проводить аппроксимацию вейвлет-преобразованиями, либо не предоставляют возможность выбора вейвлет-функции.

### Методы решения

Задача аппроксимации таблично заданных функций решается с помощью различных полиномов, сплайнов, отрезками рядов Фурье, вейвлет-преобразованиями и другими методами. В данной работе реализована аппроксимация таблично заданных функций вейвлет-преобразованиями.

Вейвлет-преобразование может быть выражено следующим уравнением:

$$F(a, b) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \psi_{(a,b)}^*(x) dx$$

где \* – символ комплексной сопряженности и функция  $\psi$  – некоторая функция [1].

Функция может быть выбрана произвольно, но она должна удовлетворять определенным правилам. Можно использовать ортогональные вейвлеты для разработки дискретного вейвлет-преобразования и неортогональные вейвлеты для непрерывного.

Множество вейвлетов имеет вид [2]:

$$\psi_{ij}(x) = a_0^{-\frac{i}{2}} \psi(a_0^{-i}x - jb_0)$$

где  $i, j$  – целые числа,  $a_0$  – параметр сжатия,  $b_0$  – параметр смещения. Функция  $y(x)$ ,  $x \in [a, b]$ , может быть представлена в виде:

$$f(x) = \sum_{ij} c_{ij} \psi_{ij}$$

где  $c_{ij}$  – коэффициенты, которые могут быть найдены по формуле

$$c_{ij} = \int_a^b y(x) \psi_{ij}(x) dx$$

если вейвлеты ортонормированы. В противном случае следует решать линейное алгебраическое уравнение.

Базисный вейвлет Хаара  $\psi(t)$  является ступенчатой функцией [3]

$$\psi(t) = \begin{cases} 1, & 0 \leq t < 0.5, \\ -1, & 0.5 \leq t < 1. \end{cases}$$

На рисунке 1 приведен пример аппроксимации с помощью вейвлета Хаара при уровне детализации  $j=4$ .

При увеличении значения уровня детализации качество аппроксимации повышается.

От других известных методов вейвлет-преобразования отличает возможность локализации функций как по частоте, так и по времени, многообразие разнообразных базовых функций, свойства которых ориентированы на решение различных задач [4].



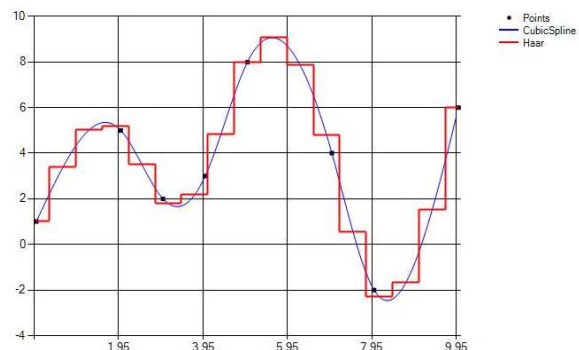


Рисунок 1 – Аппроксимация с помощью вейвлета Хаара

### Литература

1. Проскурин А.В. Вейвлет-аппроксимация и краевые задачи на собственные значения математической физики, журнал «Известия Алтайского Государственного Университета», вып. №1, 2014. – 4с.
2. Дремин И.М. Вейвлеты и их использование, – М.:2001. – 34с.
3. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике, –М. 2002. – 448с.
4. Электронный ресурс [http://sernam.ru/d\\_7.php](http://sernam.ru/d_7.php). Дата обращения 15.03.2016

Е.В. Бирюкова, Р.А. Парингер, А.В. Куприянов

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИЗНАКОВ ДЛЯ РАЗЛИЧЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ТЕКСТУР

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Текстура является одной из важных характеристик при анализе изображений. Для описания текстурных различий используются признаки, но, очевидно, что не каждый из них может быть одинаково информативным для конкретной задачи текстурного анализа. Поэтому целью работы является разработка методов оценки эффективности различных признаков описания текстур.

Исследования проводились на изображениях текстур из базы «Kylberg Texture Dataset v. 1.0» [1]. Используемая база состоит из 28 классов различных видов текстур по 160 изображений в каждом классе. Разрешение каждого из изображений составляет 576 на 576 пикселей.

Для описания текстурных различий были выбраны признаки, предложенные Хараликом в [2] и использован метод оценки эффективности признаков на основе алгоритма дискриминантного анализа, описанный в [3].



Для описания текстурных различий изображения  $f(m1, m2)$  размером  $M1 \times M2$  отсчётов, с числом уровней яркости  $G$  и матрицей смежности  $P_{\Delta}(i, j)$  были использованы следующие признаки:

- первый основной момент, характеризующий среднюю яркость по всему изображению:

$$M_x = \sum_{i=0}^{G-1} i p_i$$

где  $p_i = \sum_{j=0}^{G-1} P_{\Delta}(i, j)$  – оценка вероятности появления точки с яркостью  $i$ .

- контраст, характеризующий степень контрастности изображения:

$$f_2^2 = \sum_{i=0}^{G-1} \sum_{j=0}^{G-1} |i - j| P_{\Delta}^2(i, j)$$

- инерция, характеризующая наличие резких границ (высокое значение инерции говорит о малом количестве однородных областей):

$$f_3^2 = \sum_{i=0}^{G-1} \sum_{j=0}^{G-1} (i - j)^2 P_{\Delta}(i, j)$$

- корреляция, характеризующая степень статистической зависимости пикселей изображения:

$$f_4^2 = \sum_{i=0}^{G-1} \sum_{j=0}^{G-1} (i - M_x)(j - M_x) P_{\Delta}(i, j)$$

После расчёта был применен метод оценки эффективности признаков.

Проанализировав данные, полученные с помощью алгоритма оценки индивидуальных критериев, можно сделать вывод о разделимости классов изображений.

Оценка полученных результатов проводилась попарным сравнением рассчитанных признаков для каждого текстурного изображения и применением алгоритма дискриминантного анализа для расчёта индивидуальных критериев.

Было произведено исследование каждого признака, в таблицах 1-4 приведены данные о разделимости некоторых классов упомянутыми выше признаками.

По данным из таблицы 1 видно, что изображения класса blanket и stonesslab хорошо различимы признаком первого основного момента от других классов.



Таблица 1 – разделимость классов по признаку первого основного момента

|            | blanket | floor  | lentils | oatmeal | pearlsugar | sand   | seat   | stoneslab |
|------------|---------|--------|---------|---------|------------|--------|--------|-----------|
| blanket    | -       | 0,7314 | 0,7407  | 0,7328  | 0,7252     | 0,7188 | 0,7478 | 0,6014    |
| floor      | 0,7314  | -      | 0,0005  | 0,0074  | 0,0011     | 0,0000 | 0,0009 | 0,8005    |
| lentils    | 0,7407  | 0,0005 | -       | 0,0132  | 0,0030     | 0,0002 | 0,0041 | 0,8015    |
| oatmeal    | 0,7328  | 0,0074 | 0,0132  | -       | 0,0024     | 0,0067 | 0,0051 | 0,8022    |
| pearlsugar | 0,7252  | 0,0011 | 0,0030  | 0,0024  | -          | 0,0011 | 0,0001 | 0,8001    |
| sand       | 0,7188  | 0,0000 | 0,0002  | 0,0067  | 0,0011     | -      | 0,0009 | 0,7986    |
| seat       | 0,7478  | 0,0009 | 0,0041  | 0,0051  | 0,0001     | 0,0009 | -      | 0,8032    |
| stoneslab  | 0,6014  | 0,8005 | 0,8015  | 0,8022  | 0,8001     | 0,7986 | 0,8032 | -         |

Интересно заметить, что, несмотря на хорошую разделимость классов признаком первого основного момента, визуально классы blanket и seat различить не так просто (рисунок 1).

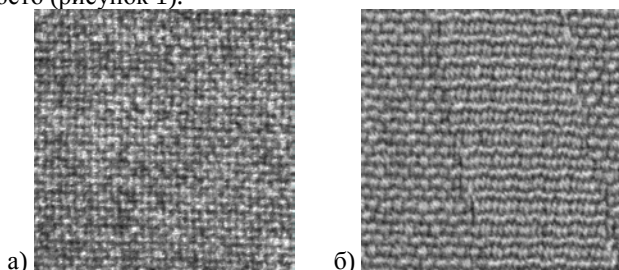


Рисунок 1 – примеры изображений: а) blanket, б) seat

Также есть изображения, визуальная разделимость которых не составляет особого труда, но по признаку первого основного момента различается очень плохо. К таким классам изображения можно отнести, например, floor и pearlsugar (рисунок 2).

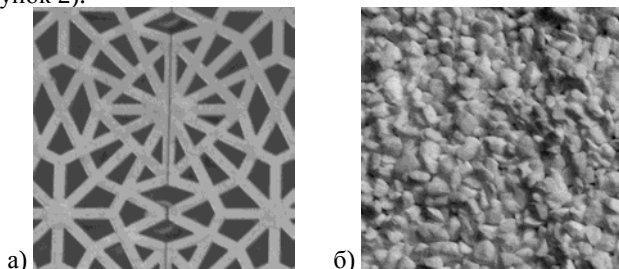


Рисунок 2 – примеры изображений: а) floor, б) pearlsugar

Проанализировав данные таблиц 2, 3 и 4 можно заметить, что значения критериев контраста, корреляции и инерции для классов floor и pearlsugar несколько выше, чем значения критерия первого основного момента для этих же классов, но при этом изображения классов blanket и seat этими признаками разделяются хуже.



Таблица 2 – разделимость классов по признаку контраста

|            | blanket | floor  | lentils | oatmeal | pearlsugar | sand   | seat   | stoneslab |
|------------|---------|--------|---------|---------|------------|--------|--------|-----------|
| blanket    | -       | 0,9954 | 0,9762  | 0,9815  | 0,9815     | 0,8336 | 0,3715 | 0,1152    |
| floor      | 0,9954  | -      | 0,7868  | 0,7688  | 0,8571     | 0,9325 | 0,9881 | 0,9719    |
| lentils    | 0,9762  | 0,7868 | -       | 0,0503  | 0,0072     | 0,8098 | 0,9693 | 0,9441    |
| oatmeal    | 0,9815  | 0,7688 | 0,0503  | -       | 0,1073     | 0,8422 | 0,9741 | 0,9508    |
| pearlsugar | 0,9815  | 0,8571 | 0,0072  | 0,1073  | -          | 0,8170 | 0,9731 | 0,9474    |
| sand       | 0,8336  | 0,9325 | 0,8098  | 0,8422  | 0,8170     | -      | 0,8573 | 0,7814    |
| seat       | 0,3715  | 0,9881 | 0,9693  | 0,9741  | 0,9731     | 0,8573 | -      | 0,0242    |
| stoneslab  | 0,1152  | 0,9719 | 0,9441  | 0,9508  | 0,9474     | 0,7814 | 0,0242 | -         |

Таблица 3 – разделимость классов по признаку инерции

|            | blanket | floor  | lentils | oatmeal | pearlsugar | sand   | seat   | stoneslab |
|------------|---------|--------|---------|---------|------------|--------|--------|-----------|
| blanket    | -       | 0,9859 | 0,9692  | 0,9773  | 0,9764     | 0,8436 | 0,1820 | 0,1767    |
| floor      | 0,9859  | -      | 0,6391  | 0,5160  | 0,6354     | 0,8508 | 0,9695 | 0,9238    |
| lentils    | 0,9692  | 0,6391 | -       | 0,1547  | 0,0636     | 0,6984 | 0,9516 | 0,8971    |
| oatmeal    | 0,9773  | 0,5160 | 0,1547  | -       | 0,0377     | 0,7732 | 0,9599 | 0,9091    |
| pearlsugar | 0,9764  | 0,6354 | 0,0636  | 0,0377  | -          | 0,7538 | 0,9584 | 0,9059    |
| sand       | 0,8436  | 0,8508 | 0,6984  | 0,7732  | 0,7538     | -      | 0,8417 | 0,7630    |
| seat       | 0,1820  | 0,9695 | 0,9516  | 0,9599  | 0,9584     | 0,8417 | -      | 0,0208    |
| stoneslab  | 0,1767  | 0,9238 | 0,8971  | 0,9091  | 0,9059     | 0,7630 | 0,0208 | -         |

Таблица 4 – разделимость классов по признаку корреляции

|            | blanket | floor  | lentils | oatmeal | pearlsugar | sand   | seat   | stoneslab |
|------------|---------|--------|---------|---------|------------|--------|--------|-----------|
| blanket    | -       | 0,9799 | 0,9674  | 0,9717  | 0,9704     | 0,8965 | 0,2836 | 0,5627    |
| floor      | 0,9799  | -      | 0,7190  | 0,6158  | 0,7343     | 0,8920 | 0,9803 | 0,9527    |
| lentils    | 0,9674  | 0,7190 | -       | 0,1308  | 0,0221     | 0,7610 | 0,9646 | 0,9406    |
| oatmeal    | 0,9717  | 0,6158 | 0,1308  | -       | 0,0646     | 0,8130 | 0,9700 | 0,9446    |
| pearlsugar | 0,9704  | 0,7343 | 0,0221  | 0,0646  | -          | 0,7903 | 0,9686 | 0,9428    |
| sand       | 0,8965  | 0,8920 | 0,7610  | 0,8130  | 0,7903     | -      | 0,8626 | 0,8922    |
| seat       | 0,2836  | 0,9803 | 0,9646  | 0,9700  | 0,9686     | 0,8626 | -      | 0,6969    |
| stoneslab  | 0,5627  | 0,9527 | 0,9406  | 0,9446  | 0,9428     | 0,8922 | 0,6969 | -         |

По данным таблиц 2, 3 и 4 видно, что разделяющая способность признаков для большинства классов различаются незначительно (аналогично и для двадцати непредставленных в таблицах классов).

Можно выделить такой набор классов изображений, который не будет разделяться ни одним из приведённых признаков, например, классы lentils и oatmeal, из этого можно сделать вывод, что выбранные признаки подходят не для всех представленных классов изображений.

Также было замечено, что признаки ведут себя по-разному, например, первый основной момент, хорошо разделяет визуально неотличимые классы, при том что остальные признаки не могут решить задачу разделимости этих классов. Также можно отметить, что для большинства классов изображений полученные значения критерия по признакам инерции и корреляции выше значения первого основного момента для этих же классов на 25%.



Таким образом, предложенная технология позволяет неким образом провести оценку эффективности признаков для различения текстур и продемонстрировать для каких именно пар изображений эффективен тот или иной признак.

### Литература

- 1 База текстур Kylberg [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.cb.uu.se/~gustaf/texture/> (дата обращения 28.10.2015).
- 2 Haralick, R.M. Textural features for image classification / R.M. Haralick, K. Shanmugam, I. Dinstein // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. – 1973. – Vol. 3(6). – P. 610-621.
- 3 Ильясова, Н.Ю. Формирование признаков для повышения качества медицинской диагностики на основе методов дискриминантного анализа / Н.Ю. Ильясова, А.В. Куприянов, Р.А. Парингер // Компьютерная оптика. – 2014. – Т. 38, № 4. – С. 851-855.

О.А. Борисова<sup>1</sup>, З.Ф. Камальдинова<sup>1</sup>, С.А. Пиявский<sup>1</sup>, С.В. Смирнов<sup>2</sup>

### ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ МОДУЛЯ «ЛОГИКА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАУКИ, ТЕХНИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

(<sup>1</sup> Самарский государственный архитектурно-строительный университет  
<sup>2</sup> Институт проблем управления сложными системами РАН)

В Самарской области с ноября 2015 года начала действовать Научно-образовательная программа конкурсного отбора школьников Самарской области в Губернаторский реестр творчески одаренной молодежи в сфере науки, техники и технологий (Программа ВЗЛЕТ).

Она является первым блоком Единой Самарской областной системы мер по выявлению и развитию творчески одаренной молодежи в сфере науки, техники, технологий и инновационному развитию Самарской области (Единая система мер), концепция которой после широкого обсуждения утверждена 27 января 2016 года.

Основные документы по ним можно найти на сайте Программы ВЗЛЕТ [1-3].

Целью Программы ВЗЛЕТ является повышение эффективности выявления и развития творчески одаренной молодежи Самарской области старшего школьного возраста за счет:

- укрепления творческих связей «школа-вуз»;
- повышения качества руководства выполняемыми школьниками индивидуальных проектов исследовательского характера благодаря консультационной поддержке со стороны ученых вузов Самарской области;



- ведения систематической многолетней индивидуализированной развивающей работы с наиболее творчески одаренными школьниками (а впоследствии и студентами самарских вузов);
- использования в воспитательно-образовательном процессе современных информационно-коммуникационных технологий [4].

Для реализации поставленных целей необходимо сформировать научно-обоснованную программу работы с выявленными творчески одаренными школьниками и студентами, в осуществление которой вовлечь ведущих специалистов из различных вузов и научных учреждений Самары. Одной из составляющих этой Программы может быть набор учебных модулей, развивающих у молодёжи технические и творческие способности, обучающих научно-техническому творчеству, привлекающих к изобретательской деятельности.

«Логика и перспективы развития науки, техники и технологий» может стать одним из таких модулей. Этот модуль направлен на передачу детям широкого пласта культурных знаний, воодушевление детей гармонией созидательного труда на ниве науки и техники (прежде всего на примерах отечественной истории и Самарской области в частности), раскрытие истоков творческих достижений и очерчивание горизонтов будущего. Модуль целесообразно составить из ряда лекций ведущих ученых и специалистов Самары, а также экскурсий, способных побудить интерес молодых людей к науке и технологиям в широком цивилизационном контексте. Из этого вытекает особый характер поддержки данного модуля.

Представляется, что введение каких-либо контрольных точек, аттестаций, системы оценок в модуле следует исключить. Вместо этого предлагается вести мониторинг и тестирование, предназначенные для выявления роста мотивации и заинтересованности обучающихся в творческой деятельности, идентификации соответствующих информационных и математических моделей контингента учащихся и каждого обучаемого [5, 6].

Для упрощения обслуживания данного модуля, необходимо автоматизировать его часть, связанную с анкетированием, обработкой данных, оповещением о мероприятиях и т. д.

В системе предполагается некий органайзер, напоминающий о ближайшей предстоящей встрече, располагающийся на главном экране личного кабинета студента и преподавателя. В легком доступе будут находить план обучения, расписание, учебные материалы и всевозможная сопутствующая учебная литература по данным направлениям. Добавлять и удалять материалы сможет преподаватель этого курса.

Так же предполагается дополнительный медиа-контент по каждой лекции для большей заинтересованности студентами в этом курсе.

На основе результатов тестирования студенты смогут отслеживать свои результаты, а преподаватели результаты всех обучающихся в графиках и таблицах.

Пример оформления личного кабинета студента представлен на рисунке 1.

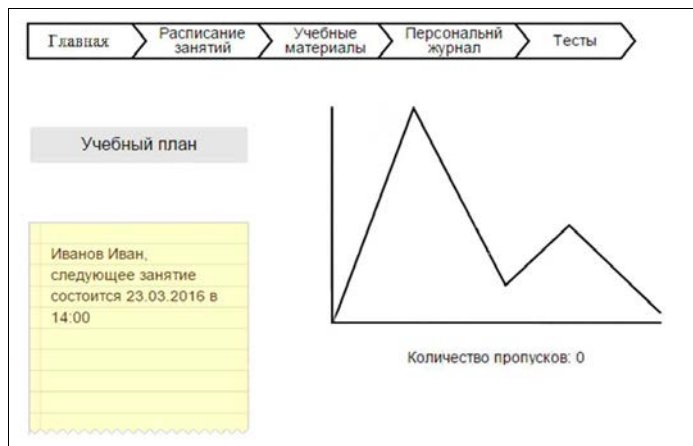


Рисунок 1 - Личный кабинет студента в системе

Надеемся, что предложенная система значительно упростит процесс организации обучения в данном образовательном модуле.

### Литература

1. Самарская научно-образовательная программа «ВЗЛЕТ» конкурсного отбора школьников в Губернаторский реестр творчески одаренной молодежи в сфере науки и техники [Электронный ресурс] / URL: [www.vzletsamara.ru](http://www.vzletsamara.ru) (дата обращения: 25.03.2016).
2. Распоряжение Министерства образования и науки Самарской области №164-р от 16.03.2016 [Электронный ресурс] / URL: <http://vzletsamara.ru/files/documents/VZLETContest.pdf> (дата обращения: 25.03.2016).
3. Концепция единой Самарской областной системы мер по выявлению и развитию творчески одаренной молодежи [Электронный ресурс] / URL: <http://vzletsamara.ru/files/documents/Concept.pdf> (дата обращения: 25.03.2016).
4. Пиявский, С.А Информационные технологии массового научного руководства одаренной молодежью в сфере науки и техники / М.И. Бальзанников, С.А. Пиявский, В.В. Козлов // В сборнике: Информационные технологии в работе с одаренной молодежью / Под редакцией М.И. Бальзанникова, С.А. Пиявского, В.В. Козлова. – Самара: СГАСУ, 2015. - С. 11-24.
5. Камальдинова, З.Ф. Упрощенная математическая модель формирования исследовательских компетенций студентов / М.И. Бальзанников, З.Ф. Камальдинова, С.А. Пиявский // Научное обозрение. - 2015. - №7. - С. 93-98.
6. Виттих, В.А. Онтологический подход к построению информационно-логических моделей в процессах управления социальными системами / В.А. Виттих, П.В. Ситников, С.В. Смирнов // Вестник компьютерных и информационных технологий. - 2009. - №5. - С. 45-53.



М.А. Верхотуров, Г.Н. Верхотурова, Р.Р. Ягудин

## ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗМЕЩЕНИЯ НЕВЫПУКЛЫХ МНОГОГРАННИКОВ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ NFP

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

### Аннотация

В данной работе рассматривается задача оптимизации размещения невыпуклых многогранников в прямоугольный параллелепипед минимальной высоты. Для её решения предложен алгоритм с применением *No Fit Polyhedron(NFP)*, основанный на анализе возможных точек занесения объекта в область упаковки. Приведены примеры работы алгоритма, а так же результаты вычислительного эксперимента.

### 1. Введение

Среди проблем экономии ресурсов, наиболее интенсивно изучаемых на сегодняшний день, можно выделить класс задач, связанных с поиском оптимального размещения трехмерных объектов в некотором ограниченном пространстве. В частности, к ним относятся задачи: упаковка грузов (например, при транспортировке или хранении), раскрой материалов (например, алмаза), компоновка деталей изделия (например, двигателя), размещение 3D объектов при синтезе объемных изделий с использованием инновационных технологий быстрого прототипирования (*RP&M - Rapid Prototyping & Manufacturing*) (например, при селективном лазерном спекании) и т.д.

Все они являются задачами оптимизационного геометрического моделирования и, с точки зрения комбинаторной сложности, принадлежат к классу *NP*-трудных. Дополнительную геометрическую сложность при их решении составляет проблема соблюдения условий взаимного непересечения размещаемых объектов между собой и с границами зоны размещения, а также необходимость соблюдения различных конструктивно-технологических ограничений.

Анализ существующих методов решения проблемы показал, что они либо используют серьезные допущения по отношению к реальному производству.

### 2. Постановка задачи компоновки многогранных объектов с учетом ограничений на размещение

**Задача.** Пусть имеется набор многогранных объектов  $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$ :  $T_i \subset R^3, i = 1, n$ , каждый из которых задан в собственной системе координат. Область размещения  $Q \subset R^3$  представляет собой прямоугольный параллелепипед с фиксированными длиной  $L$  и шириной  $W$  и с переменной высотой  $H$ .

Задана матрица  $M = (P_{ij})_{i=0, j=1}^{n, n}$ . Каждый элемент  $P_{ij}$  матрицы описывает множество многогранных областей  $\{P_{a_{ij}}\}$  в системе координат многогранного объекта  $T_i$ , запрещенных для размещения  $T_j$ . Если  $i = 0$ , то рассматривается система координат зоны  $Q$ .



Пусть  $T_i(\bar{u}_i)$  многогранный объект  $T_i$ , смещенный на вектор  $\bar{u}_i$ . Обозначим как  $H(T(U))$  минимально необходимую высоту зоны  $Q$  для размещения объектов множества  $T$  с векторами смещения  $U = (\bar{u}_1, \bar{u}_2, \dots, \bar{u}_n)$ .

Условия непересечения многогранных объектов между собой можно записать как:

$$\text{int } T_i(\bar{u}_i) \cap \text{int } T_j(\bar{u}_j) = \emptyset, \forall i = \overline{1, n}, \forall j = \overline{1, n}, i \neq j. \quad (1)$$

Условия непересечения многогранных объектов с зоной размещения:

$$T_i(\bar{u}_i) \cap (R^3 \setminus Q) = \emptyset, \forall i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Условие пересечения многогранных объектов и областей запрещенных для размещения:

$$P_{a_{i,j}}(\bar{u}_i) \cap T_j(\bar{u}_j) = \emptyset, \forall a = \overline{0, n}, \forall j = \overline{1, n}, i \neq j. \quad (3)$$

Система условий (1)-(2)-(3) связывает параметры размещения  $U = (\bar{u}_1, \bar{u}_2, \dots, \bar{u}_n)$  многогранных объектов множества  $T$  в области  $Q$  и является для них ограничениями. Все эти условия описывают непересечение границ пар многогранных объектов и отличаются только тем, что в условиях (1), (3) ни один из объектов не принадлежит внутренности другого, а в условии (2) каждый из объектов принадлежит внутренности области размещения.

Обозначим как  $H(T(U))$  минимально необходимую высоту зоны  $Q$  для размещения многогранных объектов множества  $T = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$  с векторами смещения  $U = \{\bar{u}_1, \bar{u}_2, \dots, \bar{u}_n\}$ .

Требуется найти такое  $U$ , чтобы  $H(T(U)) \rightarrow \min$ , при этом выполнялись условия взаимного непересечения объектов между собой и с границами зоны размещения (1)-(2), а также для матрицы  $M$  выполнялось условие (3).

### 3. Методы решения задачи компоновки многогранных объектов с учетом ограничений на размещение

Из-за комбинаторной сложности описанная задача относится к классу NP-трудных задач [3].

Проектирование планов (карт) упаковки по сути является задачей *оптимизационного геометрического моделирования*, заключающейся в оптимизации размещения геометрических объектов в заданных областях.

Классификация методов решения таких задач представлена в [5].

Анализ существующих подходов показал, что использование методов по-объектного размещения, основанных на моделировании условий взаимного непересечения (УВН), является перспективным и в дальнейшем. Проблема заключается в упрощении моделирования УВН объектов произвольных форм и поиске параметров размещения без использования параллелепипедных оболочек.

При использовании метода пообъектного размещения объекты помещаются в зону упаковки последовательно, один за другим. После нахождения точки занесения очередного объекта его положение фиксируется и больше не меняется. Таким образом, при определении детерминированного алгоритма подсчета точки занесения, результат будет зависеть только от порядка занесения объекта в



область. Это приводит к возможности разбиения процесса на две части [5]: геометрическая – внешняя часть, отвечающая за моделирование УВН и нахождение параметров размещения; оптимизационная – внутренняя (комбинаторная) часть, отвечающая за формирование и изменение последовательности размещаемых объектов.

### 4. Динамическая схема построения годографа функции плотного размещения

Для построения УВН наибольшее распространение получили методы на базе построения NFP («no fit polyhedron», «годограф вектор-функции плотного размещения», ГФПР[1] и т.д.).

Основные недостатки существующих подходов привели к разработке «динамической» схемы использования NFP, позволяющей работать с различными углами поворота объектов и избежать построения избыточных NFP.

При применении динамической схемы построения NFP необходимо выполнить следующие шаги:

1. Произвести последовательное построение NFP размещаемого объекта  $T_m$  с уже упакованными объектами и зоной размещения в соответствии с приоритетным списком  $K = \{K_0, \dots, K_{m-1}\}$  динамической схемы использования NFP.
2. Найти все параметры размещения  $\{u_i\}$ , принадлежащие каждому вновь построенному NFP  $G_i(K_i, T_m)$ , и проверить их на допустимость.

Лучший найденный в результате построения NFP  $G_i(K_i, T_m)$  допустимый параметр размещения  $u_{i\ m}^*$  сравнить с  $u_m^*$  ( $u_m^*$  – лучший найденный параметр размещения объекта  $T_m$  до построения NFP к объекту  $K_i$ ).

Если  $Z(u_m^*) > Z(u_{i\ m}^*)$ , то  $u_m^* = u_{i\ m}^*$ .

3. Остановить процесс построения NFP, когда для очередного объекта  $K_j$  будет выполнено условие:  $\min Z(K_j) > \max Z(T_m(u_m^*))$ .

### 5. Результаты вычислительного эксперимента с использованием разработанного программного продукта

Для оценки эффективности и качества предложенных в работе методов и алгоритмов на основе тестовых данных из опубликованных ранее статей [6, 7] проведен вычислительный эксперимент, а также произведено сравнение решений с результатами, полученными другими методами.

В статье Ю.Г. Стояна [6] за 2005г. приведены 4 примера, составленные из невыпуклых объектов 10-ти типов. В каждом из примеров основание зоны размещения имеет одинаковые размеры – 30x35, изменяется лишь количество экземпляров каждого объекта.

Лучшие решения для примеров найдено алгоритмами «GRASP с ЛП» и «Первый подходящий с упорядочиванием + ЛП», предложенных авторами.

В статье Дж. Эгблада [Ошибка! Источник ссылки не найден.], 2009г. приведены 5 примеров размещения 9-ми выпуклых и 6-ми невыпуклых объектов. В каждом из примеров основание зоны размещения выбирается таким образом, чтобы при размещении всех объектов в зону кубической формы (с выбранным основанием) – использование материала составляла 50%. Также как и в [7] примеры отличаются количеством экземпляров каждого объекта. Лучшие решения для



примеров найдено алгоритмами «GRASP с ЛП» и «Первый подходящий с упорядочиванием + ЛП» (предложены авторами).

### 6. Заключение

В работе приведены разработанные *метод и алгоритмы* генерации трехмерных карт упаковки невыпуклых многогранников в прямоугольный параллелепипед минимальной высоты, *основанные* на анализе точек занесения и *закрывающиеся* в динамическом построении только тех NFP размещаемых объектов, которые необходимы при последовательно-одиночном размещении объектов в области, что *позволяет*, с одной стороны, не строить NFP всех пар многогранных объектов, а с другой – находить допустимые точки занесения.

Вычислительный эксперимент, проведенный на основе примеров, приведенных в общедоступных статьях на рассматриваемую тему, показал, что применение «динамической» схемы построения NFP повысило эффективность работы алгоритмов размещения на величину от 5 до 30 %.

### Литература

1. Стоян Ю.Г., Гиль Н.И. Методы и алгоритмы размещения плоских геометрических объектов. - Киев: Наук. думка, 1976. -247с.
2. Верхотуров М.А., Сергеева О.Ю. Применение цепного кодирования для задач плотной упаковки// Роль геометрии в искусственном интеллекте и системах автоматизированного проектирования: Сборник докладов всероссийской н.-т. конференции. - Улан-Удэ: 1996.-С.48-50.
3. Brooks R. L., Smith C. A. B., Stone A. H., Tutte W. T. The dissection of rectangles into squares. Duke Mathematical Journal 7, 1940, pp.312-340.
4. Stoyan Yu., Gil M., Scheithauer G., Pankratov A. Packing non-convex polytopes into a parallelepiped. TU Dresden, 2004.-32p.-(Preprint MATH-NM-06-2004).
5. Верхотуров М.А, Верхотурова Г.Н, Ягудин Р.Р. Об одном решении задачи плотной упаковки выпуклых многогранников на основе годографа функции плотного размещения // Научно-технический журнал ФГБОУ ВПО «Государственный университет – учебно-научно-производственный комплекс». "Информационные системы и технологии", N4 (72), г. Орел, 2012. – С.31-39.
6. Stoyan Yu., Gil M., Scheithauer G., Pankratov A. Packing non-convex polytopes into a parallelepiped. TU Dresden, 2004.-32p.-(Preprint MATH-NM-06-2004).
7. Egeblad J., Benny K., Marcus B. Translational packing of arbitrary polytopes. Elsevier. Computational geometry. Volume 42, Issue 4, 2009.-pp.269-288.
8. Bortfeldt, A., Wäscher, G., 2013. Constraints in container loading—a state-of-the-art review. *Eur. J. Oper. Res.*, 229(1):1–20.



О.М. Верхотурова, М.А. Верхотуров

## ОБ ОДНОМ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ ГРАНИЦ СЛАБОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ЕСТЕСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

### Аннотация

В работе рассматривается задача идентификации границ слабоструктурированных естественных объектов. Для решения данной проблемы используются метод главных компонент и генетический алгоритм. Приведены примеры работы разработанного программного обеспечения, а также результаты вычислительного эксперимента, произведенного для проверки эффективности разработанных методов и алгоритмов.

### Введение

Задача идентификации границ тех или иных объектов встречается в различных областях человеческой деятельности, в том числе в космических исследованиях, в нефтяной промышленности, в медицине и т.д. Особый интерес представляет проблема определения границ продуктивных пластов на месторождениях полезных ископаемых, она является весьма трудоемкой, сложной и неоднозначной и составляет непрерывную часть огромного количества геологических работ.

Анализ существующих методов выявил необходимость разработки нового подхода для решения задачи идентификации границ слабоструктурированных естественных объектов.

### 1. Математическая постановка задачи

Пусть даны:

$O \subset R^3$  – рассматриваемая область.

$P_m(x_m, y_m, 0)$ ,  $m = \overline{1, M}$ ,

$P_m \in O$  – опорные узлы.

$P_n(x_n, y_n, 0)$ ,  $n = \overline{1, N}$ ,

$P_n \in O$  – исследуемые узлы.

Следует отметить, что начальное  $z$  у каждого узла может быть свое, но поскольку, с точки зрения положения на плоскости  $XOY$ , это не имеет значения, то все скважины выравниваются на уровень  $z = 0$ .

У каждого опорного и исследуемого узла есть несколько характеризующих его кривых -  $l = \overline{1, L}$ , заданных точечным рядом (в дальнейшем они будут визуализироваться в виде кривых):

$g_l^m(h)$ , где  $h$  - глубина или номер замера (дискретная величина),  $h \in \{H^m\}$ ,

$\{H^m\}$  - множество глубин или множество номеров замеров для  $m$ -ого узла.

Есть  $k = \overline{1, K}$  выделенных интервалов ( $k$  объектов).

В опорных узлах границы этих интервалов известны:





- начало интервала –  $Top_k^m$  – соотв. глубина или номер замера;
- конец интервала –  $Bot_k^m$  – соотв. глубина или номер замера:

$$Top_k^m \neq Bot_k^m, Top_k^m < Bot_k^m$$

Пусть  $\{G^M\}$  – множество всех кривых во всех опорных узлах, то есть все  $g_l^m \in \{G^M\}$ ,  $l = \overline{1, L}$ ,  $m = \overline{1, M}$ ;

$\{G^N\}$  – множество всех кривых во всех исследуемых узлах, то есть все  $g_l^n \in \{G^N\}$ ,  $l = \overline{1, L}$ ,  $n = \overline{1, N}$ ;

$\{Top_k^M\}$  – множество всех известных верхних границ  $k$ -го интервала в опорных узлах, то есть все  $Top_k^m \in \{Top_k^M\}$ ,  $m = \overline{1, M}$ ;

$\{Bot_k^M\}$  – множество всех известных нижних границ  $k$ -го интервала в опорных узлах, то есть все  $Bot_k^m \in \{Bot_k^M\}$ ,  $m = \overline{1, M}$ .

$\{Top_k^N\}$  – множество всех неизвестных верхних границ  $k$ -го интервала в исследуемых узлах, то есть все  $Top_k^n \in \{Top_k^N\}$ ,  $n = \overline{1, N}$ ;

$\{Bot_k^N\}$  – множество всех неизвестных нижних границ  $k$ -го интервала в исследуемых узлах, то есть все  $Bot_k^n \in \{Bot_k^N\}$ ,  $n = \overline{1, N}$ .

**Нужно найти** границы интервалов в исследуемых узлах  $Top_k^N$  и  $Bot_k^N$  так, чтобы целевая функция  $F(G^M, G^N, Top_k^M, Bot_k^M, Top_k^N, Bot_k^N) \rightarrow \min$ ,  $k = \overline{1, K}$ .

В качестве целевой функции может выступать, например, сумма квадратов расстояний между выделенными интервалами в опорных и исследуемых узлах (по точкам соответствующих кривых):

$$\sum S^2(G^M(Top_k^M, Bot_k^M) - G^N(Top_k^N, Bot_k^N)) \rightarrow \min, k = \overline{1, K}.$$

В вышеизложенной постановке рассматриваемая задача относится к классу оптимизационного геометрического моделирования.

## 2. Структура решения

Решение можно разбить на следующие последовательные этапы:

- 1) Формирование кривой, по которой будут находиться границы интервалов;
- 2) Выбор тех узлов, по которым находятся границы интервалов;
- 3) Выбор критерия для сравнения интервалов (целевой функции).
- 4) Нахождение границ интервалов (объектов) в исследуемых узлах.
- 5) Уточнение границ интервалов.

### 2.1. Формирование кривой, по которой будут находиться границы интервалов

Дана область, в которой есть  $M$  опорных узлов и  $N$  – исследуемых.

У каждого узла существуют всевозможные характеризующие его кривые.

В работе предлагается сравнивать интервалы не по исходным кривым, а по некоторой синтетической кривой, которую можно получить в результате проведения метода главных компонент (МГК) на всех точках области (либо на определенной части).

### 2.2. Выбор узлов, по которым находятся границы интервалов

Можно выделить следующие варианты выбора узлов:



- Парное сравнение узлов, когда с каждым опорным узлом поочередно сравниваются соседние исследуемые узлы, затем с ними сравниваются их соседние и т.д.

- Интегральное сравнение узлов, когда решение находится сразу во всех исследуемых узлах на основе известных значений в опорных узлах.

Парное сравнение узлов хорошо тем, что в нем число узлов с известными границами интервалов постепенно увеличивается, кроме того, узлы удобно сравнивать между собой попарно. В работе был выбран именно этот принцип, рассмотрим его более подробно.

При использовании парного сравнения узлов одним из решающих моментов является построение путей обхода узлов исследуемой области. Это можно осуществить различными способами. В данной задаче предполагается, что наибольшим сходством обладают близлежащие узлы, а по мере удаления степень сходства постепенно уменьшается. С учетом этого были рассмотрены следующие варианты построения путей обхода узлов:

- Путь максимальной корреляции.
- Путь по профилям, составленным специалистами.
- Путь по ячейкам.

### 2.3. Выбор критерия для сравнения интервалов

Для выделения интервалов необходимо выбрать какой-то числовой показатель, на основе которого можно сделать вывод о схожести определенных участков сравниваемых кривых.

В результате проведенных исследований самым информативным и легко интерпретируемым оказался коэффициент корреляции, который и применяется в предлагаемом подходе.

### 2.4. Нахождение границ интервалов в исследуемых узлах

Поиск осуществляется таким образом, что одновременно ищутся границы только одного интервала, при этом интервалы выделяются последовательно друг за другом.

Каждое решение состоит из верхней границы интервала ( $Top$ ) и ширины интервала ( $Dh$ ), в результате определяется нижняя граница интервала ( $Bot = Top + Dh$ ).

Пространство поиска задается:

- дельтой  $\Delta_1$  – диапазон возможных значений  $[Top - \frac{\Delta_1}{2}; Top + \frac{\Delta_1}{2}]$ , в пределах которой может лежать верхняя граница;
- дельтой  $\Delta_2$ , в которой может находиться ширина интервала  $[Dh - \frac{\Delta_2}{2}; Dh + \frac{\Delta_2}{2}]$ .

Затем происходит поиск в получившемся пространстве возможных решений.

Для поиска решения реализовано два альтернативных метода:

- полный перебор (только в случае, если пространство решений не-большое, и можно найти решение за приемлемое время);
- генетический алгоритм (ГА) [4].



Генетический алгоритм является универсальным методом, поэтому требуется правильно закодировать исходные данные и настроить алгоритм под решение данной конкретной задачи.

Рассматривались различные варианты параметров алгоритма, в том числе и различные варианты операторов кроссовера и мутации. В результате был выбран кроссовер *SBX* (*Simulated Binary Crossover*) [3].

### 2.5. Уточнение границ интервалов

Коэффициент корреляции позволяет находить сходные интервалы, но является не очень точным в определении границ интервалов. Поэтому для уточнения границ необходимы дополнительные критерии.

Один из возможных вариантов – учет знака первой производной для определения положения границы интервала:

- Если знак производной на границе положительный, то граница стоит на подъеме;
- Если знак отрицательный, то на спуске;
- Если производная на границе интервала равна 0, то граница стоит на пике.

В процессе поиска определяются знаки первой производной на границах интервалов в опорном узле. В результате в исследуемом узле рассматриваются возможные положения границ только с такими же знаками первой производной, что ограничивает пространство возможных решений.

### 3. Область применения

Процесс выделения пластов в геологии носит название корреляции разрезов скважин и является одной из первых задач при построении геологической модели месторождения. Следует отметить, что если другие этапы построения геологической модели уже во многом автоматизированы, то проблемы корреляции до сих пор в основном решаются методом экспертных оценок, далеких от статистической согласованности и математической строгости.

В связи с этим актуально создание компьютерной системы корреляции разрезов скважин по данным ГИС (геофизического исследования скважин).

Задача принимает следующий вид:

Определить границы продуктивных пластов на эксплуатационных скважинах месторождения на основе сети опорных скважин, для которых эти границы известны. В качестве опорных скважин обычно используются разведочные скважины месторождения.

У каждой скважины есть различные данные ГИС, которые графически представлены каротажными кривыми.

На опорных скважинных известны границы продуктивных пластов: верхняя граница – кровля пласта, нижняя граница – подошва пласта. Границы пластов также называются маркерами. По схожести участков каротажных кривых нужно найти эти границы на эксплуатационных скважинах месторождения.

### 4. Результаты работы

Все представленные в работе методы, алгоритмы и функции были реализованы в среде *MATLAB*.



Поскольку генетический алгоритм (ГА) является универсальным методом, основная сложность заключалась в правильном кодировании исходных данных и настройке алгоритма под решение данной конкретной задачи. Был проведен ряд экспериментов по различным скважинам, в результате была выбрана следующая комбинация: мутация (разработанная авторами) с вероятностью мутации 0,7 и кроссовер – *SBX-4*, которая показала самый лучший результат, с точки зрения того, на какой итерации генетический алгоритм достигает оптимального решения.

Система была опробована на данных трех месторождений.

### Заключение

В результате проведения вычислительных экспериментов было установлено, что применение разработанной системы позволяет улучшить решение, получаемое экспертами (геологами), в среднем на 5-15% в зависимости от месторождения и выделяемого пласта при этом время работы значительно сокращается.

### Литература

1. Байков В.А., Борисов Г.А., Верхотурова О.М., Надеждин О.В. Современные методы анализа геофизических исследований скважин // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». – Москва, 1-2007. – с. 27-31.
2. Верхотурова О.М. Подход к решению задачи идентификации границ естественных неструктурированных объектов на основе дискретных моделей // Proceedings of the 2nd International Conference “Information Technologies for Intelligent Decision Making Support” and the Intended International Workshop “Robots and Robotic Systems”, Volume 2, May 18-21, Ufa, Russia, 2014, pp. 62-68.
3. Herrera F., Lozano M., Sanchez A.M. Hybrid crossover operators for real-coded genetic algorithms: an experimental study // Soft Computing. Vol. 9. 2005. № 4: 280-298. P. 280-298.
4. Holland J.H. Adaptation in Natural and Artificial Systems. Ann Arbor: The University of Michigan Press, 1975.

Л.Э. Вилоп

### ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ВЫПУСКНИКОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Основной задачей профессионального образования в условиях рыночной экономики и свободного перемещения товаров и услуг между странами является подготовка специалистов, способных создавать продукцию, конкурентоспособную на мировом рынке. Оценить качество подготовки выпускников технических вузов можно, сравнивая номенклатуру и качество импортных и отечественных товаров промышленного производства. Несложно



заметить, что такое сравнение с промышленно развитыми странами, особенно в последние 15–20 лет, не в нашу пользу.

На стадии обучения качество подготовки можно оценить, если учесть, что образование это не то, что преподаватель рассказывает студенту, а то, что студент может потом рассказать преподавателю, Государственной экзаменационной комиссии, а получив диплом, коллегам на будущей работе по специальности. Для этого в процесс обучения вводятся устные опросы на лабораторных и практических занятиях, письменные контрольные работы, курсовые проекты, тестирование, зачёты и экзамены. При этом, очевидно, необходимо констатировать, что единственным критерием уровня подготовки является способность студента ответить на вопросы "как?" и "почему?".

Опыт проверки так называемых остаточных знаний на контрольных работах студентов старших курсов технического вуза показывает, что в современном, весьма усложненном мире, наиболее слабым местом являются основы фундаментальных и технических дисциплин. Эти основы должны быть усвоены студентом на более ранней стадии обучения, и храниться, если можно так выразиться, в его "оперативной памяти", то есть должны воспроизводиться студентом без особых затруднений. Незнание этих основ не позволяет осмысленно воспроизводить, а не зазубривать более сложные объекты и проверять корректность предлагаемых или изучаемых технических решений.

Реальный уровень подготовленности аудитории к изучению курса может быть легко проверен преподавателем на первой же лекции блиц контрольной по основным положениям и закономерностям, которые понадобятся студентам при изучении курса. Полученные результаты позволяют сделать вывод о необходимости действий по реанимации или самостоятельному изучению студентами основ необходимых для дальнейшего изучения курса. В первую очередь на эти основы должно быть указано студентам. Они должны быть перечислены, а зачастую и сформулированы. Это не требует больших затрат времени, так как число таких основ невелико.

В области радиоэлектроники и схемотехники можно насчитать не более десяти таких основных положений теории электрических цепей и электроники, которые студенту, необходимо помнить постоянно при изучении последующих специальных дисциплин. Увы, но основные закономерности физики, получаемые из эксперимента, студенту необходимо просто зазубрить.

Игнорирование преподавателем реального уровня исходных знаний студентов в начале изучения курса приводит к тому, что для внешне успешного освоения курса студент вынужден зазубривать уже не основы необходимые для осмысленного овладения курсом, а весь курс целиком.

Кроме недостаточного уровня исходных знаний можно отметить и другие причины недостаточного уровня подготовки выпускника технического вуза.

К одной из таких причин относится завышенный объём изучаемого в курсе материала. Студент перегружен изучаемым материалом и зачастую физически не в состоянии усвоить курс с требуемым качеством. Зачастую преподаватель, игнорирует нормы времени, указанные в учебном плане и



учитывающие затраты времени, необходимые на изучение других курсов, и сам завышает объём материала и выдаваемых заданий, не принимая во внимание то, что студент выполняет эту работу впервые и на её выполнение требуется намного больше времени.

Нормальному восприятию изучаемого материала очень сильно мешает излишняя занаукообразованность курсов и многих вузовских учебников, не отличающихся ясностью и доступностью изложения. В области электроники, схемотехники и измерительной техники нередко встречаются учебники с ошибочным изложением отдельных вопросов, например, представление усилительного элемента в виде управляемого переменного сопротивления. В современном компьютеризированном высокотехнологичном мире некоторые курсы спецдисциплин содержат большое количество справочного материала и больше напоминают справочники продавца-консультанта, которые без осмысленного понимания сути предмета можно только вызубрить. Внешне это выдаётся за стремление преподавателя ознакомить студента с самыми последними достижениями науки и техники.

Немаловажную роль имеют и психологические моменты. Если кто-то говорит студентам, что какой-то предмет не пригодится им в последующей практической работе, то все старания преподавателя этой дисциплины будут напрасными. Студент будет изучать этот предмет только для того, чтобы сдать. Кроме этого непонимание студентом сути изучаемой дисциплины, возникающее, как правило, по причине незнания тех самых основ, приводит к потере интереса к её изучению и к вынужденной зубрёжке изучаемого материала для последующей успешной сдачи предмета.

Большое значение имеет и взаимосвязь, последовательность дисциплин, определяемая учебным планом. Несмотря на самостоятельный выбор студентом специальности, до него должна быть доведена конечная цель обучения. Очевидно, что проще это сделать преподавателю, имеющему собственный опыт работы по избранной студентом специальности.

И.И. Волков, А.Г. Золин

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ РАЗНОСТЕЙ В ЗАДАЧАХ ВОССТАНОВЛЕНИЯ СИГНАЛОВ С ИЗВЕСТНОЙ ФУНКЦИЕЙ ИСКАЖЕНИЯ

(Самарский государственный технический университет)

При решении задач обработки экспериментальных данных часто приходится решать обратную задачу восстановления неизвестного входного сигнала по результатам откликов на выходе средств измерения. В большинстве случаев это задача компенсации искажающего действия аппаратной функции, обеспечивающая улучшение разрешающей способности различного рода измерительных приборов и систем.



На сегодняшний день теория и практика разработки оптимальных алгоритмов восстановления сигналов разработана достаточно полно. Однако существующие методы либо требуют для своей реализации не всегда доступной априорной информации, либо сталкиваются с вычислительными проблемами, связанными с некорректностью обратных задач и необходимостью использования регуляризующих процедур [1,2].

В данной работе представлено решение обратной задачи восстановления сигнала, основанного на конечно-разностном подходе.

Пусть имеется сигнал  $y_m$ , полученный со средств изменения и являющийся результатом искажения интересующего нас, но неизвестного числового ряда  $x_m$ :

$$y_m = \sum_{i=0}^{N_0-1} h_0(i) x_{m-i} \quad (1)$$

Предполагается, что  $h_0(i)$  и  $N_0$  - известны. Введем в рассмотрение понятие конечной разности ряда  $x_m$

$$\Delta_\nu(m) = \sum_{i=0}^{\nu} (-1)^i C_\nu^i x_{m-i}, \quad (2)$$

где  $\nu$  - порядок разности. На будущее отметим, что

$$\Delta_\nu(m) \approx \Delta^\nu x_m^{(\nu)}. \quad (3)$$

Воспользуемся соотношением

$$x_{m-i} = \sum_{\nu=0}^i (-1)^\nu C_i^\nu \Delta_\nu(m). \quad (4)$$

С учетом этого, соотношение (1) примет вид:

$$y_m = \sum_{\nu=0}^{N_0-1} E_\nu \Delta_\nu(m), \quad (5)$$

где:

$$E_\nu = (-1)^\nu \sum_{i=\nu}^{N_0-1} C_i^\nu h_0(i) \quad (6)$$

Так как  $h_0(i)$  и  $N_0$  известны, то величина  $E_\nu$ , также известна. Восстанавливать неизвестный ряд  $x_m$  будем по алгоритму:

$$\hat{x}_m = \sum_{k=0}^{N-1} \beta_k \Delta_k^\nu(m). \quad (7)$$

Здесь:  $\hat{x}$  - восстановленный ряд (оценка  $x_m$ ),  $N$  - заданная величина, подбираемая экспериментально,  $\beta_k$  - неизвестные коэффициенты, подлежащие определению.

$$\Delta_k^\nu(m) = \sum_{i=0}^k (-1)^i C_k^i y_{m-i} \quad (8)$$

— конечная разность  $k$ -го порядка наблюдаемого ряда  $y_m$ . Подставив в (8)  $y_m$  из (5), будем иметь:



$$\Delta_k^\nu(m) = \sum_{\nu=0}^{N_0-1} E_\nu \sum_{i=0}^k C_k^i \Delta_\nu(m-i).$$

$$\text{Так как } \sum_{i=0}^k (-1)^i C_k^i \Delta_\nu(m-i) = \Delta_{\nu+k}(m), \text{ то } \Delta_k^\nu(m) = \sum_{\nu=0}^{N_0-1} E_\nu \Delta_{\nu+k}(m).$$

Подставив значение  $\Delta_k^\nu(m)$  в (2), получим

$$\hat{x}_m = \sum_{\nu=0}^{N_0-1} \sum_{k=0}^{N-1} E_\nu \beta_k \Delta_{\nu+k}(m) \quad (9)$$

Пусть  $N \geq N_0$ . Тогда формула (9) сведется к следующей:

$$\hat{x}_m = \sum_{k=0}^{N_0-1} \Delta_k(m) \sum_{\nu=0}^k E_\nu \beta_{k-\nu} + \sum_{k=N_0}^{N-1} \Delta_k(m) \sum_{\nu=0}^{N_0-1} E_\nu \beta_{k-\nu} + \sum_{k=N}^{N_0+N-2} \Delta_k(m) \sum_{\nu=k-N+1}^{N_0-1} E_\nu \beta_{k-\nu} \quad (10)$$

Из (10) следует, что для обеспечения наибольшей точности (уменьшения погрешности) надо в этой формуле оставить лишь члены содержащие конечные разности высокого порядка. Для этого коэффициенты  $\beta_k$  должны быть определены из условия:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{\nu=0}^k E_\nu \beta_{k-\nu} &= \delta_k, k = \overline{0, N_0-1} \\ \sum_{\nu=0}^{N_0-1} E_\nu \beta_{k-\nu} &= 0, k = \overline{N_0, N-1} \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Из (11) получаем расчетные формулы для коэффициентов

$$\left. \begin{aligned} \beta_0 &= \frac{1}{E_0} \\ \beta_k &= -\frac{1}{E_0} \sum_{\nu=1}^k E_\nu \beta_{k-\nu}, k = \overline{1, N_0-1} \\ \beta_k &= -\frac{1}{E_0} \sum_{\nu=1}^{N_0-1} E_\nu \beta_{k-\nu}, k = \overline{N_0, N-1} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

При выполнении условия (11) формула (10) примет вид:

$$\hat{x}_m = x_m + \sum_{k=N}^{N_0+N-2} \Delta_k(m) \sum_{\nu=k-N+1}^{N_0-1} E_\nu \beta_{k-\nu} \quad (13)$$

Алгоритм вычисления восстановленного ряда может быть следующий:



$$\left. \begin{aligned} E_\nu &= (-1)^\nu \sum_{i=\nu}^{N_0-1} C_i h_0(i), \nu = \overline{0, N_0-1} \\ \beta_0 &= \frac{1}{E_0} \\ \beta_k &= -\frac{1}{E_0} \sum_{\nu=1}^k E_\nu \beta_{k-\nu}, k = \overline{1, N_0-1} \\ \beta_k &= -\frac{1}{E_0} \sum_{\nu=1}^{N_0-1} E_\nu \beta_{k-\nu}, k = \overline{N_0, N-1} \\ \Delta_0^y(m) &= y_m \\ \Delta_k^y(m) &= \Delta_{k-1}^y(m) - \Delta_{k-1}^y(m-1), k = \overline{1, N-1} \\ \hat{x}_m &= \sum_{k=0}^{N-1} \beta_k \Delta_k^y(m) \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Для определения значений восстановленного ряда, необходимы следующие исходные данные:  $N$  – экспериментально подбираемая величина,  $h_0(i)$  – весовая функция прямого фильтра,  $N_0$  – длина весовой функции прямого фильтра.

В процессе исследования данного подхода был проведен ряд экспериментов, в котором в качестве исходных данных была взята строка некоторого тестового изображения ( $x_m$ ). Затем, для получения  $y_m$ , были выполнены преобразования по формуле (1) с тремя различными видами весовой функции  $h_0(i)$  с разными значениями  $N_0$ . Вид весовых функций показан на рисунке 1.

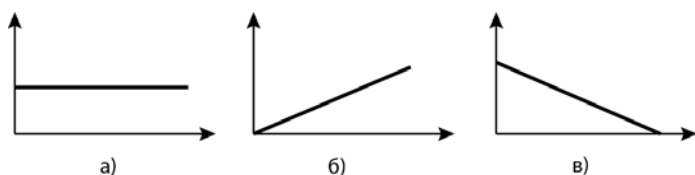


Рисунок 1. Вид весовых функций прямого фильтра

Значения относительной среднеквадратической погрешности (ОСП) восстановления, которая вычислялась по формуле

$$\text{ОСП} = \sqrt{\frac{\sum (x_m - \hat{x}_m)^2}{\sum x_m^2}}$$

представлены в таблицах 1, 2 и 3.



Таблица 1. ОСП восстановления для весовой функции а) рисунка 1.

| $N_0 \backslash N$ | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 3                  | 0.0638 | 0.0387 | 0.0278 | 0.0264 | 0.0289 | 0.0289 | 0.0242 |
| 5                  | 0.0943 | 0.0593 | 0.0481 | 0.0605 | 0.0567 | 0.0767 | 0.1429 |
| 7                  | 0.1116 | 0.0726 | 0.0684 | 0.0885 | 0.0808 | 0.2317 | 0.3159 |
| 9                  | 0.1228 | 0.0796 | 0.0884 | 0.1182 | 0.1500 | 0.5220 | 0.3924 |
| 11                 | 0.1314 | 0.0843 | 0.1081 | 0.1480 | 0.2789 | 0.8338 | 0.6113 |
| 13                 | 0.1387 | 0.0882 | 0.1245 | 0.1699 | 0.4432 | 1.0667 | 1.2160 |
| 15                 | 0.1452 | 0.0911 | 0.1433 | 0.1975 | 0.6459 | 1.2023 | 1.3766 |
| 20                 | 0.1591 | 0.1019 | 0.1834 | 0.2539 | 1.0307 | 1.3522 | 1.4555 |

Таблица 2. ОСП восстановления для весовой функции б) рисунка 1.

| $N_0 \backslash N$ | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 3                  | 0.0840 | 0.0743 | 0.0813 | 0.1008 | 0.1319 | 0.1720 | 0.2136 |
| 5                  | 0.1217 | 0.1224 | 0.1528 | 0.2281 | 0.3465 | 0.4472 | 0.4537 |
| 7                  | 0.1416 | 0.1551 | 0.2203 | 0.3769 | 0.5925 | 0.7189 | 0.6106 |
| 9                  | 0.1537 | 0.1735 | 0.2749 | 0.5282 | 0.8296 | 0.9230 | 1.0797 |
| 11                 | 0.1629 | 0.1863 | 0.3271 | 0.6750 | 1.0204 | 1.0564 | 1.3423 |
| 13                 | 0.1708 | 0.1968 | 0.3769 | 0.8054 | 1.1438 | 1.1245 | 1.4133 |
| 15                 | 0.1780 | 0.2047 | 0.4237 | 0.9134 | 1.2313 | 1.1632 | 1.4438 |
| 20                 | 0.1936 | 0.2322 | 0.5271 | 1.0852 | 1.3607 | 1.2564 | 1.4701 |

Таблица 3. ОСП восстановления для весовой функции в) рисунка 1.

| $N_0 \backslash N$ | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 3                  | 0.0440 | 0.0166 | 0.0059 | 0.0046 | 0.0047 | 0.0035 | 0.0018 |
| 5                  | 0.0690 | 0.0253 | 0.0103 | 0.0127 | 0.0079 | 0.0144 | 0.0125 |
| 7                  | 0.0852 | 0.0312 | 0.0179 | 0.0179 | 0.0233 | 0.0361 | 0.0339 |
| 9                  | 0.0966 | 0.0348 | 0.0268 | 0.0218 | 0.0560 | 0.0529 | 0.1887 |
| 11                 | 0.1054 | 0.0373 | 0.0355 | 0.0245 | 0.1040 | 0.0571 | 0.5116 |
| 13                 | 0.1126 | 0.0392 | 0.0440 | 0.0276 | 0.1688 | 0.1006 | 0.8846 |
| 15                 | 0.1188 | 0.0407 | 0.0527 | 0.0328 | 0.2488 | 0.2505 | 1.1377 |
| 20                 | 0.1315 | 0.0441 | 0.0735 | 0.0602 | 0.4979 | 0.8886 | 1.3756 |

В результате исследований был поучен простой в реализации алгоритм восстановления сигналов с известной функцией искажения. При соответствующем подборе параметра  $N$ , представленный алгоритм дает приемлемые результаты в случаях а) и в). В случае б), решение становится неустойчивым.

### Литература

1. Батищев В.И. Аппроксимационный подход к решению обратных задач анализа и интерпретации экспериментальных данных [Текст]/ Батищев В.И., Золин А.Г., Косарев Д.Н, Романев А.Е.// Вестник СамГТУ, сер. Технические науки. 2006, вып. №40, с. 57-65.
2. Леонов А.С. Решение некорректно поставленных обратных задач [Текст] М.: Либроком, 2010.



А.С. Голов

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ФИНАНСОВО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Управление проектами в настоящее время заслужило признание как самостоятельная дисциплина управления, применение которой повышает надежность достижения поставленных целей в запланированные сроки с требуемым качеством и в рамках бюджета. Реализация проектов – неотъемлемая составляющая бизнес-процессов, присутствующих в любой организации. Проекты могут различаться по типам, масштабу, сложности. По статистике, участие в проектах занимает от 30 до 70% рабочего времени менеджеров среднего и высшего звена (в зависимости от должности и вида бизнеса). В высококонкурентных отраслях эффективная реализация проектов развития становится ключевым фактором успеха бизнеса [1], основным инструментом повышения обоснованности управленческих решений становится использование автоматизированных систем управления с системой поддержки принятия решений.

Предприятие ООО ЦИТ «Парус-Волга» предлагает услуги по внедрению программных продуктов, разрабатываемых корпорацией «Парус» (ИТ-решения для органов государственной власти (распорядителей бюджетных средств, финансовых органов), органов местного самоуправления, государственных (муниципальных) учреждений, включая централизованные бухгалтерии), а также услуги по обучению персонала, методологическую и консалтинговую поддержку. Она обслуживает более 400 организаций в г. Самаре и Самарской области, с которыми заключаются различного рода договора.

Для автоматизации финансово-хозяйственной деятельности «Парус-Волга» автором разрабатывается автоматизированная система управления проектами, которая предназначена для сбора информации о потенциальных и действующих клиентах, контроля за исполнением заключенных договоров и сроками обновления лицензий.

Рассмотрим основные бизнес-процессы предприятия, которые в первую очередь необходимо автоматизировать:

- подготовка и заключение договора с клиентом (рис. 1);
- исполнение договора (рис. 2).

При заключении договора необходимо:

- отслеживать аукционы, интересующие предприятие, на сайте госзакупок;
- назначить лицо, ответственное за подготовку договора;
- контролировать временные рамки проведения аукциона;



- создать план презентаций программного продукта для потенциальных клиентов.

Для исполнения работ по договору необходимо:

- разработать план исполнения работ и при необходимости вносить в него изменения;
- назначить руководителя проекта и ответственных сотрудников на исполнение этапов плана работ;
- контролировать исполнение этапов плана работ.

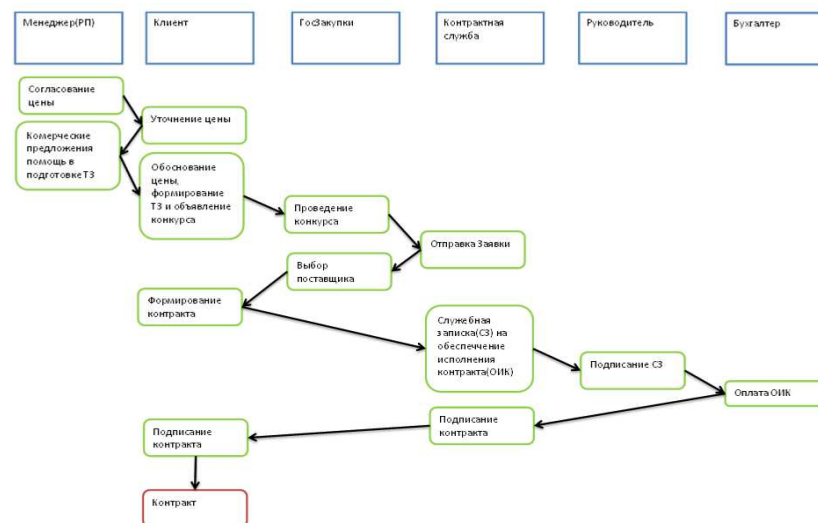


Рис. 1 Схема бизнес-процесса подготовки и заключения договора

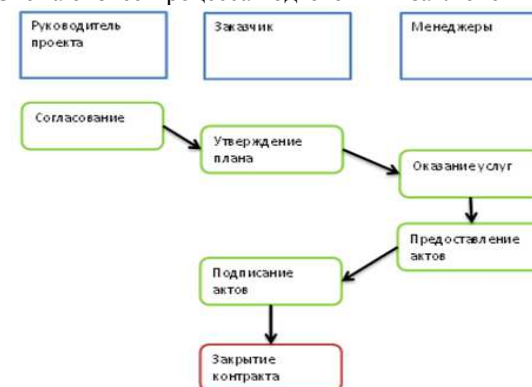


Рис. 2. Схема бизнес-процесса «Исполнения договора»





Все документы (договора и акты выполненных работ) должны храниться в системе в виде электронных копий (сканов). Кроме того, в системе должны быть реализованы функции, связанные с ведением лицензионного обеспечения клиента: хранение файлов лицензий, создание спецификаций лицензии по файлу лицензии, контроль срока действия лицензий.

Доступ к функциям системы возможен не только через главное меню, но и из всех разделов с запоминанием выбранной строки таблицы для дальнейшей работы с ней. На рис. 3 представлен интерфейс системы, в правой части окна располагается дерево, позволяющее отбирать информацию по временному признаку.

Система разрабатывается на языке программирования высокого уровня C# в среде программирования Microsoft Visual Studio 2015, в качестве СУБД выбрана Oracle 10g.

Применение системы на предприятии обеспечит централизованное хранение всей информации, контроль исполнения составленного плана, анализ хода работ и своевременную его корректировку, поддержку соблюдения корпоративного стандарта управления проектами, повысит эффективность реализации проектов.

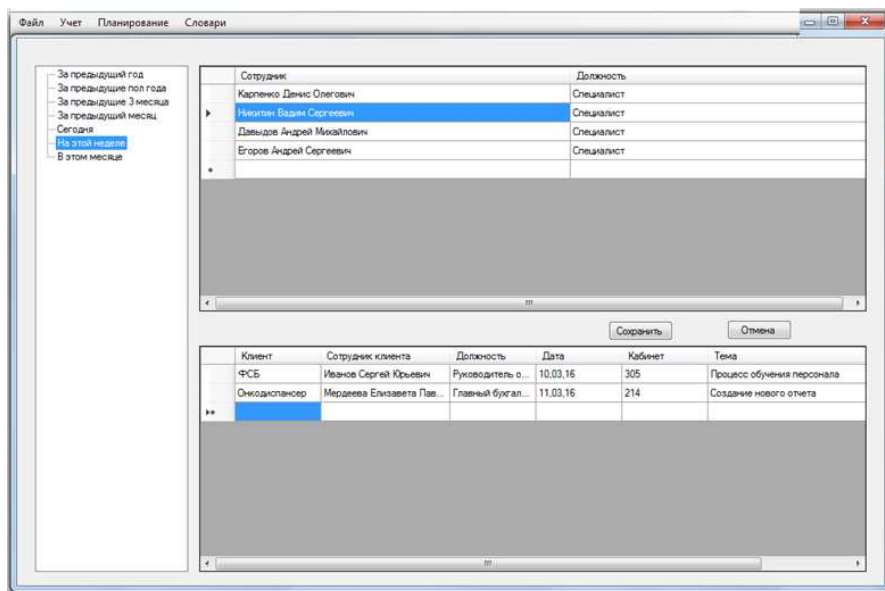


Рис. 3. Интерфейс системы

### Литература

Об управлении проектами [Электронный ресурс]. – [www.pmonline.ru/pm/introduction](http://www.pmonline.ru/pm/introduction) (дата обращения 12.12.2015 г.).



Ю.М. Заболотнов, К.О. Сайгак

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ТРОСОВОЙ СИСТЕМЫ

(Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

В настоящее время применение космических тросовых систем (КТС) является одним из перспективных направлений развития космической техники. Актуальность данной темы объясняется тем, что возможное применение тросовых систем в космонавтике чрезвычайно разнообразно [1]: запуск малых спутников с базового космического аппарата (КА), возвращение с орбиты полезного груза с помощью спускаемой на тросе капсулы, мониторинг верхних слоев атмосферы, орбитальные маневры, съемка земной поверхности с более высоким разрешением, создание искусственной гравитации и т.д.

Космическая тросовая система (КТС) — это комплекс искусственных космических объектов (спутников, кораблей, грузов), соединенных длинными тонкими гибкими элементами (тросами, кабелями, шлангами), совершающий орбитальный полет. В наиболее простом виде — это связка двух космических аппаратов, соединенных тросом длиной в десятки или даже сотни километров. Космические тросовые системы — новые, нетрадиционные структуры, создаваемые человеком в космосе, — позволяют выполнять задачи, которые невозможно, нецелесообразно или неэкономично решать с помощью существующих средств космической техники [2].

За счет использования тросов, проводящих электрический ток, можно не только изменять высоту орбиты КА или космической станции, но и генерировать электроэнергию, необходимую для их работы, и в конечном счете создавать орбитальные электростанции. Перспективность электродинамических космических тросовых систем (ЭДКТС) подтверждается еще и тем, из 26-ти проведенных до настоящего времени реальных космических тросовых экспериментов в двенадцати экспериментах были использованы ЭДКТС [3].

Доклад посвящен моделированию движения ЭДКТС, состоящей из двух малых космических аппаратов (КА), с целью оценки возможностей по изменению параметров орбиты центра масс КТС. В данном случае по проводящему тросу пропускается электрический ток и ЭДКТС работает в режиме генерации тяги. На проводящий трос, по которому пропускается ток, в магнитном поле Земли действует сила Ампера, которая и обеспечивает изменение параметров орбиты КТС.

В первоначальном состоянии КТС находится в режиме гравитационной стабилизации в развернутом состоянии, то есть трос располагается по местной



вертикали. Если по тросу пропускается электрический ток, то на КТС действует момент сил Ампера, который вычисляется следующим образом

$$M_{\theta} = F \frac{L}{2} \frac{m_2 - m_1}{m_1 + m_2}, \quad (1)$$

где  $F = BIL$  – сила Ампера,  $I$  – ток,  $L$  – длина троса,  $B = \mu R^{-3}$  – вектор магнитной индукции,  $\mu = 8 \cdot 10^6 \text{ Тл км}^3$  – магнитный момент земного диполя,  $R$  – модуль радиус-вектора центра масс системы,  $m_1, m_2$  – массы КА. При определении момента (1) предполагается, что плоскость орбиты центра масс системы близка к плоскости магнитного экватора Земли.

При действии момента (1) КТС будет совершать колебания относительно смещенного положения равновесия, причем направление этого смещения будет зависеть от направления тока. В этом случае колебания ЭДКТС на орбите будут описываться следующим уравнением

$$\ddot{\theta} + \ddot{\vartheta} + \frac{3}{2} \nu^{-1} \dot{\vartheta}^2 \sin 2\theta = \frac{M_{\theta}}{m_e L^2}, \quad (2)$$

где  $\theta$  – угол отклонения троса от вертикали,  $m_e = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2}$  – приведенная масса,  $\nu = 1 + e \cos \vartheta$ ,  $e$  – эксцентриситет орбиты,  $\vartheta$  – угол истинной аномалии.

Уравнение невозмущенной орбиты центра масс имеет вид

$$R = \frac{p}{1 + e \cos \vartheta} = \frac{p}{\nu}, \quad (3)$$

где  $p$  – параметр орбиты.

Производные для истинной аномалии в невозмущенном движении определяются следующим образом

$$\frac{d\vartheta_0}{dt} = \sqrt{\frac{K}{p^3}} (1 + e \cos \vartheta_0)^2, \quad \frac{d^2 \vartheta_0}{dt^2} = -\frac{2K}{p^3} e \sin \vartheta_0, \quad (4)$$

где  $K$  – гравитационная постоянная Земли.

Для описания возмущенного движения центра масс ЭДКТС используется система дифференциальных уравнений в оскулирующих элементах [4]

$$\frac{dA}{dt} = \sqrt{\frac{p}{K}} \frac{2A}{1 - e^2} (a_s e \sin \vartheta + a_T p / R), \quad (5)$$

$$\frac{de}{dt} = \sqrt{\frac{p}{K}} \{ a_s \sin \vartheta + a_T [(1 + R/p) + eR/p] \}, \quad (6)$$

$$\frac{d\vartheta}{dt} = \sqrt{\frac{p}{K}} \left[ \frac{K}{R^2} + a_s \frac{\cos \vartheta}{e} - \frac{a_T}{e} (1 + R/p) \sin \vartheta \right], \quad (7)$$



где  $a_T = \frac{F_T}{m_1 + m_2}$  и  $a_s = \frac{F_s}{m_1 + m_2}$  – трансверсальное и радиальное ускорение от силы Ампера,  $p = A(1 - e^2)$ ,  $F_T = -F \cos \theta$ ,  $F_s = F \sin \theta$ ,  $A$  – большая полуось орбиты.

Некоторые результаты расчетов представлены на рисунках 1 и 2. На рисунке 1 показан процесс колебаний тросовой системы при положительном токе. В этом случае, если  $m_2 > m_1$ , то момент  $M_{\theta} > 0$ , и колебания происходят относительно смещенного вправо положения равновесия. Если  $m_2 < m_1$ , то положение равновесия смещается влево. Если  $m_2 \neq m_1$ , то существует предельное значение тока, когда движение ЭДКТС будет неустойчивым (КТС начнет вращаться). Наиболее благоприятный случай, когда  $m_2 = m_1$ . Тогда не существует ограничения на величину тока.

$\theta, \text{град}$

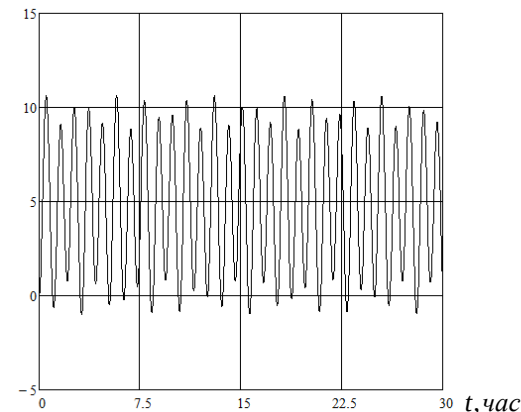


Рисунок 2 – Процесс колебаний тросовой системы

На рисунке 2 показано, как изменяется высота центра масс КТС. Численные расчеты были проведены при следующих исходных данных: начальная высота перигея 1000 км,  $m_1 = 20 \text{ кг}$ ,  $m_2 = 20 \text{ кг}$ ,  $I = 1 \text{ А}$ , начальный эксцентриситет  $e = 0.0167$ . Из рисунка 2 следует, что высоты перигея и апогея орбиты центра масс системы уменьшаются приблизительно по линейному закону. Аналогичные результаты получаются, если изменить направление тока. В этом случае указанные высоты увеличиваются. Так, например, приращение высоты перигея изменяется приблизительно на 50 км за 30 час работы ЭДКТС. Эксцентриситет орбиты при этом изменяется не значительно.

$H, \text{км}$

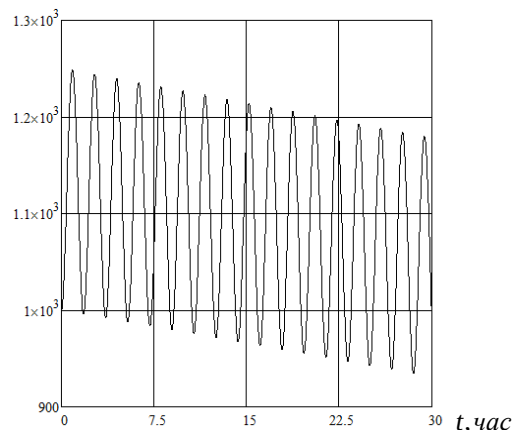


Рисунок 2

Таким образом, в работе показано, что с помощью ЭДКТС можно значительно изменять параметры орбиты центра масс тросовой системы, если обеспечить работу ЭДКТС в режиме генерации тяги.

### Литература

1. Белецкий, В.В. Динамика космических тросовых систем [Текст]/В.В. Белецкий, Е.М. Левин. – М.: Наука. Гл. ред. Физ.-мат. лит., 1990. – 336 с.
2. Осипов В.Г., Шошунов Н.Л. Космические тросовые системы: история и перспективы // Земля и Вселенная – 1998. - №4. – С. 19-29.
3. Zhong R., Zhu Z.H. Dynamics of Nanosatellite Deorbit by Bare Electrodynamic Tether in Low Earth Orbit // J. of Spacecraft and Rockets – 2013. – V.50. – №3. – P.691-700.
4. Охоцимский, Д.Е. [Текст] Основы механики космического полета // Д.Е.Охоцимский, Ю.Г.Сихарулидзе. – М.:Наука, 1990. – 448 с.

В.А.Засов, Е.Н. Никоноров, М.В.Ромкин

### МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАЗДЕЛЕНИЯ СИГНАЛОВ В УСЛОВИЯХ АПРИОРНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ВОЗМУЩЕНИЙ

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Разделение сигналов – это решение задачи определения сигналов источников, недоступных для прямых измерений, по измеренным в доступных точках сигналам приемников, сигналы в которых представляют собой аддитивную смесь искаженных в процессе передачи сигналов источников.



Алгоритмы и вычислительные устройства разделения сигналов разрабатываются на основе знания модели образования сигналов, представляемой в виде линейной многомерной динамической системы, описываемой системой уравнений типа дискретной свертки

$$x_m(k) = \sum_{n=1}^N \sum_{g=0}^{G-1} (h_{mn}(g,l)) s_n(k-g).$$

Входные сигналы модели в момент времени  $k$  представляются в виде  $N$ - мерного вектора  $s(k) = [s_1(k), s_2(k), \dots, s_N(k)]^T$ , выходные сигналы – в виде  $M$ - мерного вектора  $x(k) = [x_1(k), x_2(k), \dots, x_M(k)]^T$ ,  $h_{mn}(g,l)$ - элементы  $M \times N$  матрицы  $h(g,l)$  каналов передачи сигналов, описываемых конечными импульсными характеристиками с числом отсчетов  $G$ . Динамические характеристики каналов  $h_{mn}(g,l)$  являются квазистационарными, т.е. изменяются в зависимости от некоторого параметра  $l$  (времени, температуры и т.д.) [1].

В общем случае решение задачи разделения сигналов может быть представлено как  $\tilde{s}_n(k) = \sum_{m=1}^M \sum_{g=0}^G w_{nm}(g,l) x_m(k-g)$ , где  $w_{nm}(g,l)$  - элемент  $N \times M$  разделяющей матрицы,  $\mathbf{W}(\omega, l)$  - разделяющая матрица частотных коэффициентов передачи, равная  $\mathbf{W}(\omega, l) = \mathbf{H}^{-1}(\omega, l)$ , если смешивающая матрица частотных коэффициентов передачи  $\mathbf{H}(\omega, l)$  обратима и  $N = M$ . Для случая  $N < M$  общее решение представляется в виде  $\mathbf{W}(\omega, l) = \mathbf{H}^+(\omega, l)$ .

Из общего решения следует, что задача разделения сигналов относится к классу обратных задач, которые в общем случае могут быть некорректными. Из свойства некорректности задачи разделения сигналов следует, что её решение может быть неустойчивым. Для обеспечения устойчивости решения задачи необходимо, чтобы параметры объекта, описываемого моделью образования сигналов, удовлетворяли ряду априорных ограничений, например, количество источников  $N$  и приёмников  $M$  сигналов должно быть одинаковым, смешивающая матрица должна быть обратимой, полиномы, описывающие передаточные функции каналов  $H_{mn}(\omega, l)$  не должны иметь общих корней и др.

В реальных условиях априорные ограничения могут быть нарушены, т.к. параметры объекта могут подвергаться вариациям из-за эволюции объекта во времени, погрешности измерения параметров, неточности изготовления и других причин, которые невозможно предсказать. Таким образом, реальная и расчётная модели будут отличаться, вследствие чего решение из устойчивого может стать неустойчивым, и поэтому непригодным для практического применения.

Поэтому исследование влияния на устойчивость решения как отклонений вышеперечисленных свойств сигналов источников от априори предполагаемых, так и отклонений требований к характеристикам каналов, являются актуальными задачами, которые необходимо решить перед конкретными практическими применениями методов разделения сигналов.



Целью работы является разработка системы для моделирования различных алгоритмов решения задачи разделения сигналов в условиях различных видов возмущений, задаваемых вариациями параметров модели образования сигналов.

Модель образования сигналов с вариациями параметров приведена на рисунке и описывается следующим выражением

$$x_m(k) = \sum_{n=1}^N \sum_{g=0}^{G-1} (h_{mn}(g,l) + \delta \tilde{h}_{mn}(g,l) + \delta \hat{h}_{mn}(g,l)) s_n(k-g) + y_m(k),$$

где  $\delta \tilde{h}_{mn}(g,l)$  - элементы  $M \times N$  матрицы  $\tilde{\delta h}(g,l)$  детерминированных сингулярных вариаций параметров, которые отражают возможные малые возмущения в каналах, неточности измерения параметров каналов и т.п.,  $\delta \hat{h}_{mn}(g,l)$  - элементы  $M \times N$  матрицы  $\hat{\delta h}(g,l)$  стохастических сингулярных вариаций параметров и  $y(k) = [y_1(k), y_2(k), \dots, y_M(k)]^T$  - вектор шума, например, в виде сигналов от неучтенных в модели источников.

При исследовании алгоритмов можно задавать как детерминированные (относительные, абсолютные, критические), так и стохастические вариации параметров, а также их комбинации, что позволяет моделировать работу алгоритмов в условиях априорной неопределенности возмущений.

Предлагаемая система позволяет моделировать детерминированные и статистические алгоритмы решения задачи разделения сигналов.

Группа детерминированных алгоритмов основывается преимущественно на информации о каналах передачи сигналов (статистических, частотных, амплитудных и т.п. характеристик каналов), т.е. известны каналы передачи и наблюдаемые сигналы.

Группа статистических алгоритмов основывается преимущественно на информации об источниках сигналов, например, некоррелированности источников сигналов, знании законов распределения сигналов и т.д. В этом случае информация о каналах передачи в явном виде недоступна, а известны лишь наблюдаемые сигналы, поэтому эти алгоритмы часто называют «слепыми» (blind).

Для указанных алгоритмов решение задачи разделения источников сигналов сводится к вычислению детерминированным или статистическим алгоритмом разделяющей матрицы  $w(g)$ , которая является равной или близкой по тому или иному критерию матрице, обратной матрице  $h(g)$ .

Предлагаемая система позволяет путем моделирования выбрать наиболее эффективный алгоритм разделения сигналов при определенной априорной информации о модели образования сигналов, а также определить интервалы параметров модели, в которых достигается устойчивое разделение сигналов.

В качестве примера в таблице приведены результаты моделирования некоторых статистических алгоритмов разделения сигналов [2] с целью определения наиболее эффективных для моделей образования сигналов с различными параметрами.

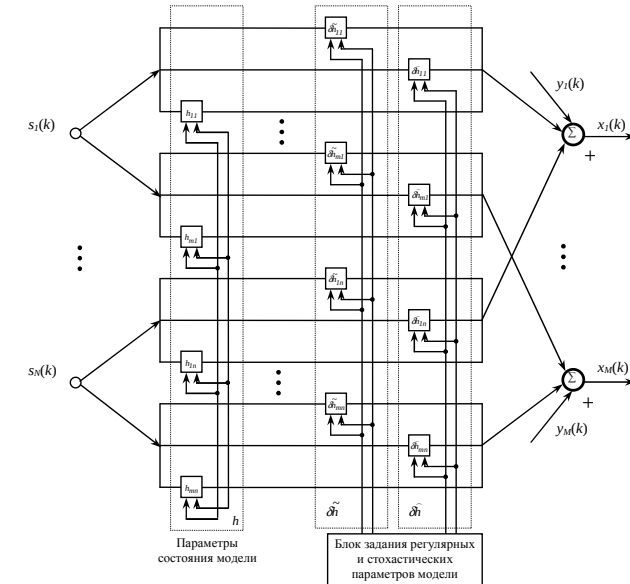


Рис. 1. Модель образования сигналов с вариациями параметров

Таблица

| Наличие опорного входа | Частотная зависимость каналов | Соответствие функции распределения гауссовой | Статистическая независимость источников | Некоррелированность источников | Нестационарность сигналов источников | Название алгоритма |
|------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|--------------------|
| +                      | -                             | -                                            | -                                       | +                              | -                                    | BSSAF              |
| -                      | -                             | -                                            | -                                       | +                              | -                                    | CBSNS              |
| -                      | +                             | -                                            | -                                       | -                              | +                                    | SONS               |
| -                      | -                             | -                                            | -                                       | +                              | -                                    | AMUSE              |
| -                      | -                             | +                                            | +                                       | -                              | -                                    | ICA                |
| -                      | -                             | +                                            | -                                       | +                              | -                                    | PCA                |

Для определения эффективности алгоритмов разделения сигналов использовалась оценка качества разделения - SIR (signal to interference ratio) [2]

$$SIR = 10 \log_{10} \frac{\|s_{target}\|^2}{\|e_{interf}\|^2}.$$

Для вычисления SIR выделенный из смеси сигнал  $\hat{s}_j$  представляется суммой  $\hat{s}_j = s_{target} + e_{interf}$ , в которой  $s_{target}$  представляет оригинальный сигнал, а  $e_{interf}$  - ошибку интерференции (влияния других сигналов).

Статистические алгоритмы выгодно отличаются от детерминированных тем, что для их работы требуется меньший объем априорной информации о сигналах. С другой стороны, моделирование показало, сильную зависимость



погрешности и устойчивости разделения от соответствия реальных свойств сигналов априори предполагаемым свойствам [3].

Результаты моделирования показывают, что разделение сигналов этими алгоритмами производится с точностью до масштабного множителя и перестановки, т.е. решение задачи примет вид

$$\hat{\mathbf{s}} = \mathbf{W}\mathbf{x} = \mathbf{P}\mathbf{A}\mathbf{H}^{-1}\mathbf{x},$$

где  $\mathbf{P}$  - матрица перестановки,  $\mathbf{A}$  - диагональная масштабирующая матрица, диагональными элементами которой являются масштабные множители.

Разделение сигналов с точностью до масштабного множителя означает, что амплитуды разделенных сигналов  $\hat{\mathbf{s}}$  могут быть произвольными и не соответствовать их вкладам в аддитивные смеси  $\mathbf{x}$  (в наблюдаемые сигналы), кроме того фазы сигналов источников  $\mathbf{s}$  и разделенных сигналов  $\hat{\mathbf{s}}$  могут отличаться. Другими словами, в разделенных сигналах  $\hat{\mathbf{s}}$  достоверна только их форма, а амплитудные и фазовые параметры произвольны.

Разделение с точностью до перестановки означает, что в процессе разделения позиция разделенных сигналов на выходах разделяющей матрицы  $\mathbf{W}$  может меняться: сигнал от первого источника  $s_1$  может быть на втором выходе  $\hat{s}_2$ , а сигнал второго источника  $s_2$  может перейти на первый выход  $\hat{s}_1$  и т.д.

### Литература

1. Засов В.А. Алгоритмы и вычислительные устройства разделения и восстановления сигналов в многомерных динамических системах: монография. – Самара: СамГУПС, 2012. – 233 с.; ил.
2. Cichocki A., Amari S. Adaptive blind signal and image processing: Learning algorithms and applications. - John Wiley & Sons, Ltd, 2002. - 587 p.
3. Ромкин М.В. Особенности статистических методов разделения и восстановления сигналов. Труды межд. науч-техн. конф. «Современные информационные технологии». - Пенза: ПГТУ, 2014г., вып. 20. – С. 9-13.

А.И. Заико

### ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА С ЛИНЕЙНОЙ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИЕЙ. ЭКСТРАПОЛЯЦИЯ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Задача измерения плотности вероятности случайных сигналов актуальна. Традиционный метод гистограмм пригоден для равномерно распределенного случайного процесса со ступенчатой корреляционной функцией при экстраполяции сигнала между отсчетами, шаге дискретизации равном интервалу корреляции и равномерном распределении погрешности квантования [1]. Другие случаи приводят к появлению погрешностей, комплексный подход к оценке которых приведен в [1, 2].



В данной работе изложено решения этой задачи с линейной корреляционной функцией случайного процесса.

Реализация  $x(t)$  случайного процесса, равномерно дискретизируются во времени с шагом  $T_0$  и квантуется по уровню с шириной кванта  $2\Delta_k$ . Получаются дискретные отсчеты  $x_{il}$ , где  $i$  – номер отсчета, датируемого моментом времени  $t_i$ , а  $l$  – номер кванта, соответствующий уровню квантования  $x_l$ . Количество уровней квантования  $L$ , а номера уровней квантования  $l = 1, 2, \dots, L$  [2].

Оценка одномерной плотности вероятности при *экстраполяции* в будущей реализации процесса по последнему отсчету

$$\langle w_1[X] \rangle_s = \frac{1}{T_0} \langle P(x_l) \rangle \int_0^{T_0} w_1[X|\lambda; x_l] d\lambda, \quad (1)$$

где  $\langle P(x_l) \rangle$  – частота появления отсчетов  $x_{il}$ , равных уровню квантования  $x_l$  и определяющих условную плотность распределения вероятности  $w_1[X|\lambda; x_l]$ ;  $\lambda$  – текущее время между соседними отсчетами,  $0 \leq \lambda \leq T_0$ .

Аналогично оценка одномерной плотности вероятности при *интерполяции* реализации процесса между уровнями квантования  $x_l$  и  $x_k$

$$\langle w_1[X] \rangle_n = \frac{1}{T_0} \langle P(x_l, x_k) \rangle \int_0^{T_0} w_1[X|\lambda; x_l, x_k] d\lambda, \quad (2)$$

где  $\langle P(x_l, x_k) \rangle$  – частота появления отсчетов, следующих друг за другом и соответствующих уровням квантования  $x_l$  и  $x_k$ , определяющих плотность вероятности  $w_1[X|\lambda; x_l, x_k]$ .

Случайный процесс опишем моделью Заико с равномерным законом распределения плотности вероятности  $w_1[X]$  [3, 4]. Такая модель проста, требует минимума априорной информации и позволяет получить пригодные для инженерной практики результаты. Она описывается тремя параметрами: нижней  $X_n$  и верхней  $X_b$  границами изменения случайного процесса и нормированной корреляционной функцией  $\rho(\tau)$ , которую положим равной

$$\rho(\tau) = \begin{cases} 1 - |\tau|/\tau_0, & 0 \leq |\tau| \leq \tau_0; \\ 0, & |\tau| \geq \tau_0, \end{cases} \quad (3)$$

где  $\tau$  – временной сдвиг;  $\tau_0$  – интервал корреляции.

Для него распределение плотности вероятности процесса

$$w_1[X] = \begin{cases} (X_b - X_n)^{-1} = (2\Delta_k L)^{-1}, & X_n \leq X \leq X_b; \\ 0, & \text{в остальных случаях,} \end{cases}$$



где  $\Delta_k$  – погрешность квантования по уровню случайна, стационарна и независима от отсчетов и процесса. Опишем её для  $l=1, 2, \dots, L$  равномерной плотностью вероятности на интервале  $x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k$ .

**Экстраполяция.** При экстраполяции в будущее реализацию  $x(t)$  процесса восстанавливаем по предыдущему отсчету  $X_l$ . При равномерных распределениях случайного процесса и погрешности квантования условная плотность вероятности  $w_1[X|\lambda; x_l]$ , также равномерна [2]

$$w_1[X|\lambda; x_l] = \frac{1}{2\Delta_k} \begin{cases} [1 + (L-1)\lambda/\tau_0]^{-1}, & x_l - \Delta_k - (x_l - \Delta_k - X_h)\lambda/\tau_0 \leq X \leq x_l + \Delta_k + \\ & + (X_h - x_l - \Delta_k)\lambda/\tau_0, \quad 0 \leq \lambda \leq \tau_0; \\ L^{-1}, & X_h \leq X \leq X_h, \quad \tau_0 \leq \lambda \leq T_0; \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases} \quad (4)$$

Возможны два варианта экстраполяции реализации случайного процесса и получения оценки  $\langle w_1[X] \rangle_3$  одномерной плотности вероятности:  $T_0 \leq \tau_0$  и  $T_0 \geq \tau_0$ . При  $T_0 \leq \tau_0$  экстраполяция по последнему отсчету  $x_l$  осуществляется с шагом  $T_0$ , и интервал корреляции  $\tau_0$  накладывается на соседний шаг дискретизации. Поэтому оценка  $\langle w_1[X] \rangle_3$  (1) для  $l=1, 2, \dots, L$  примет вид

$$\langle w_1[X] \rangle_3 = \frac{1}{2\Delta_k} \frac{\tau_0}{T_0} \frac{\langle P(x_l) \rangle}{L-1} \begin{cases} \ln \frac{1 + (L-1)T_0/\tau_0}{1 + (L-1)\frac{x_l - \Delta_k - X}{x_l - \Delta_k - X_h}}, & x_l - \Delta_k - (x_l - \Delta_k - X_h)T_0/\tau_0 \leq \\ & \leq X \leq x_l - \Delta_k; \\ \ln[1 + (L-1)T_0/\tau_0], & x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k; \\ \ln \frac{1 + (L-1)T_0/\tau_0}{1 + (L-1)\frac{X - x_l - \Delta_k}{X_h - x_l - \Delta_k}}, & x_l + \Delta_k \leq X \leq \\ & \leq x_l + \Delta_k + (X_h - x_l - \Delta_k)T_0/\tau_0; \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

При  $T_0 \geq \tau_0$  экстраполяция по отсчету  $x_l$  осуществляется на интервале  $0 \leq \lambda \leq \tau_0$  и  $w_1[X|\lambda; x_l]$  описывается выражением (4). При  $\tau_0 \leq \lambda \leq T_0$  зависимость от последнего отсчета  $x_l$  отсутствует и  $w_1[X|\lambda; x_l] = w_1[X]$  [2]. В результате при  $T_0 \geq \tau_0$  и  $l=1, 2, \dots, L$



$$\langle w_1[X] \rangle_3 = \frac{1}{2\Delta_k} \left\{ \begin{aligned} & \left[ \ln \frac{L}{1 + (L-1)\frac{x_l - \Delta_k - X}{x_l - \Delta_k - X_h}}, X_h \leq X \leq x_l - \Delta_k; \right. \\ & \left. \ln L, \quad x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k; \right. \\ & \left. \ln \frac{L}{1 + (L-1)\frac{X - x_l - \Delta_k}{X_h - x_l - \Delta_k}}, x_l + \Delta_k \leq X \leq X_h; \right. \\ & \left. + (T_0 - \tau_0)/T_0 [1/L, X_h \leq X \leq X_h]; \right. \\ & 0, \text{ в остальных случаях.} \end{aligned} \right\}$$

Абсолютная погрешность  $\Delta_3[X]$  оценки  $\langle w_1[X] \rangle_3$  при экстраполяции и комплексном подходе к её определению для  $T_0 \leq \tau_0$  и  $l=1, 2, \dots, L$  [3, 4]

$$\Delta_3[X] = \langle w_1[X] \rangle_3 - w_1[X] =$$

$$= \frac{1}{2\Delta_k} \left\{ \begin{aligned} & \left[ \ln \frac{1 + (L-1)T_0/\tau_0}{1 + (L-1)\frac{x_l - \Delta_k - (x_l - \Delta_k - X_h)T_0/\tau_0}{x_l - \Delta_k - X_h}}, \right. \\ & \left. \ln[1 + (L-1)T_0/\tau_0], \quad x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k; \right. \\ & \left. \ln \frac{1 + (L-1)T_0/\tau_0}{1 + (L-1)\frac{X - x_l - \Delta_k}{X_h - x_l - \Delta_k}}, \quad x_l + \Delta_k \leq X \leq \right. \\ & \left. \leq x_l + \Delta_k + (X_h - x_l - \Delta_k)T_0/\tau_0; \right. \\ & \left. - [1/L, X_h \leq X \leq X_h]; \right. \\ & 0, \text{ в остальных случаях.} \end{aligned} \right\}$$

При  $T_0 \geq \tau_0$  и  $l=1, 2, \dots, L$  [3, 4]





$$\Delta_3[X] = \frac{1}{2\Delta_k} \frac{\tau_0}{T_0} \begin{cases} \frac{\langle P(x_l) \rangle}{L-1} \ln \frac{L}{1+(L-1) \frac{x_l - \Delta_k - X}{x_l - \Delta_k - X_n}} - \frac{1}{L}, & X_n \leq X \leq x_l - \Delta_k; \\ \frac{\langle P(x_l) \rangle}{L-1} \ln L - \frac{1}{L}, & x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k; \\ \frac{\langle P(x_l) \rangle}{L-1} \ln \frac{L}{1+(L-1) \frac{X - x_l - \Delta_k}{X_b - x_l - \Delta_k}} - \frac{1}{L}, & x_l + \Delta_k \leq X \leq X_b; \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

Отметим наличие мультипликативной погрешности перед оценкой  $\langle P(x_l) \rangle / 2\Delta_k$ , которая имеет разное значение при  $T_0 \leq \tau_0$  и при  $T_0 \geq \tau_0$ . Кроме того, при  $T_0 \geq \tau_0$  появилась аддитивная погрешность  $(T_0 - \tau_0) / 2\Delta_k L T_0$ , которая при  $T_0 \leq \tau_0$  отсутствовала.

Продолжение статьи в данном сборнике: Заико А. И. Измерение плотности вероятности случайного процесса с линейной корреляционной функцией. Интерполяция.

А. И. Заико

## ИЗМЕРЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА С ЛИНЕЙНОЙ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИЕЙ. ИНТЕРПОЛЯЦИЯ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

**Интерполяция.** При интерполяции реализацию  $x(t)$  случайного процесса восстановим по двум соседним отсчетам  $x_l$  и  $x_k$ . Для равномерных распределений случайного процесса и погрешности квантования условные плотности вероятности также распределены равномерно. Так, условная плотность вероятности  $w_1[X|\lambda; x_l, x_k]$ , где  $0 \leq \lambda \leq T_0 [2-4]$ :

$$w_1[X|\lambda; x_l, x_k] = \begin{cases} [X_b(\lambda; x_l, x_k) - X_n(\lambda; x_l, x_k)]^{-1}, & X_n(\lambda; x_l, x_k) \leq X \leq X_b(\lambda; x_l, x_k); \\ 0, & \text{в остальных случаях,} \end{cases}$$

$$\text{где } X_b(\lambda; x_l, x_k) - X_n(\lambda; x_l, x_k) = (X_b - X_n) \left[ 1 - \frac{\rho(\lambda) + \rho(T_0 - \lambda)}{1 + \rho(T_0)} \right] + 2\Delta_k \frac{\rho(\lambda) + \rho(T_0 - \lambda)}{1 + \rho(T_0)}.$$

Возможны три варианта восстановления реализации:  $T_0 \leq \tau_0$ ,  $\tau_0 \leq T_0 \leq 2\tau_0$  и  $T_0 \geq 2\tau_0$ . Результат восстановления на интервале  $0 \leq \lambda \leq T_0$  зависит от взаимно-



связи соседних отсчетов  $x_l$  и  $x_k$ , которая учитывается условной плотностью вероятности  $w_1[X|\lambda; x_l, x_k]$ .

При  $T_0 \leq \tau_0$  и  $l, k = 1, 2, \dots, L$

$$w_1[X|\lambda; x_l, x_k] = \frac{1}{2\Delta_k} \begin{cases} 1, & x_l - \Delta_k + (x_k - x_l)\lambda/T_0 \leq X \leq x_l + \Delta_k + (x_k - x_l)\lambda/T_0, \quad 0 \leq \lambda \leq T_0; \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

При  $\tau_0 \leq T_0 \leq 2\tau_0$   $l, k = 1, 2, \dots, L$

$$w_1[X|\lambda; x_l, x_k] = (2\Delta_k)^{-1} \times \begin{cases} \left[ 1 + (L-1) \frac{\lambda}{\tau_0} \right]^{-1}, & x_l - \Delta_k - (x_l - \Delta_k - X_n)\lambda/\tau_0 \leq X \leq x_l + \Delta_k + (X_b - x_l - \Delta_k)\lambda/\tau_0, \\ & 0 \leq \lambda \leq T_0 - \tau_0; \\ \left[ 1 + (L-1) \frac{T_0 - \tau_0}{\tau_0} \right]^{-1}, & x_l - \Delta_k - (x_k - \Delta_k - X_n)(T_0 - \tau_0)/\tau_0 + (x_k - x_l)\lambda/\tau_0 \leq X \leq x_l + \Delta_k + \\ & + (X_b - x_k - \Delta_k)(T_0 - \tau_0)/\tau_0 + (x_k - x_l)\lambda/\tau_0, \quad T_0 - \tau_0 \leq \lambda \leq \tau_0; \\ \left[ 1 + (L-1) \frac{T_0 - \lambda}{\tau_0} \right]^{-1}, & x_k - \Delta_k - (x_k - \Delta_k - X_n)(T_0 - \lambda)/\tau_0 \leq X \leq x_k + \Delta_k + \\ & + (X_b - x_k - \Delta_k)(T_0 - \lambda)/\tau_0, \quad \tau_0 \leq \lambda \leq T_0; \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

При  $T_0 \geq 2\tau_0$   $l, k = 1, 2, \dots, L$

$$w_1[X|\lambda; x_l, x_k] = (2\Delta_k)^{-1} \times \begin{cases} \left[ 1 + (L-1) \frac{\lambda}{\tau_0} \right]^{-1}, & x_l - \Delta_k - (x_l - \Delta_k - X_n)\lambda/\tau_0 \leq X \leq x_l + \Delta_k + (X_b - x_l - \Delta_k)\lambda/\tau_0, \\ & 0 \leq \lambda \leq \tau_0; \\ L^{-1}, & X_n \leq X \leq X_b, \quad \tau_0 \leq \lambda \leq T_0 - \tau_0; \\ \left[ 1 + (L-1) \frac{T_0 - \lambda}{\tau_0} \right]^{-1}, & x_k - \Delta_k - (x_k - \Delta_k - X_n)(T_0 - \lambda)/\tau_0 \leq X \leq x_k + \Delta_k + \\ & + (X_b - x_k - \Delta_k)(T_0 - \lambda)/\tau_0, \quad T_0 - \tau_0 \leq \lambda \leq T_0; \\ 0, & \text{в остальных случаях.} \end{cases}$$

Подставив эти значения в выражения (2) [1], получим оценку плотности распределения вероятности  $\langle w_1[X] \rangle_n$ . При  $T_0 \leq \tau_0$  и  $l, k = 1, 2, \dots, L$



$$\langle w_1[X] \rangle_n = \frac{1}{2\Delta_k} \begin{cases} \frac{\langle P(x_l, x_k) \rangle}{x_k - x_l} \left[ \frac{(X - x_l + \Delta_k), x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k}{2\Delta_k}, \right. \\ \left. \frac{x_l + \Delta_k \leq X \leq x_k - \Delta_k}{(x_k + \Delta_k - X), x_k - \Delta_k \leq X \leq x_k + \Delta_k} \right], k > l; \\ \langle P(x_l) \rangle (1, x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k), k = l; \\ \frac{\langle P(x_l, x_k) \rangle}{x_l - x_k} \left[ \frac{(x_l + \Delta_k - X), x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k}{2\Delta_k}, \right. \\ \left. \frac{x_k + \Delta_k \leq X \leq x_l - \Delta_k}{(X - x_k + \Delta_k), x_k - \Delta_k \leq X \leq x_k + \Delta_k} \right], k < l; \\ 0, \text{ в остальных случаях.} \end{cases}$$

При  $\tau_0 \leq T_0 \leq 2\tau_0$ ,  $l, k = 1, 2, \dots, L$  и  $k > l$

$$\langle w_1[X] \rangle_n = \frac{T_0 - \tau_0}{2\Delta_k T_0} \frac{\langle P(x_l) \rangle}{L-1} \begin{cases} \ln \frac{1+(L-1)(T_0 - \tau_0)/\tau_0}{1+(L-1)\frac{x_l - \Delta_k - X}{x_l - \Delta_k - X_n}}, x_l - \Delta_k - (x_l - \Delta_k - X_n)(T_0 - \tau_0)/\tau_0 \leq \\ \leq X \leq x_l - \Delta_k; \\ \ln[1+(L-1)(T_0 - \tau_0)/\tau_0], x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k; \\ \ln \frac{1+(L-1)(T_0 - \tau_0)/\tau_0}{1+(L-1)\frac{X - x_l - \Delta_k}{X_n - x_l - \Delta_k}}, x_l + \Delta_k \leq X \leq \\ \leq x_l + \Delta_k + (X_n - x_l - \Delta_k)(T_0 - \tau_0)/\tau_0; \\ 0, \text{ в остальных случаях.} \end{cases}$$

При  $\tau_0 \leq T_0 \leq 2\tau_0$ ,  $l, k = 1, 2, \dots, L$  и  $k = l$

$$\langle w_1[X] \rangle_n = \frac{2\tau_0 - T_0}{2\Delta_k T_0} \frac{\langle P(x_l) \rangle}{1+(L-1)\frac{T_0 - \tau_0}{\tau_0}}, \begin{cases} x_l - \Delta_k - (x_l - \Delta_k - X_n)(T_0 - \tau_0)/\tau_0 \leq X \leq \\ \leq x_l + \Delta_k + (X_n - x_l - \Delta_k)(T_0 - \tau_0)/\tau_0; \\ 0, \text{ в остальных случаях.} \end{cases}$$

При  $\tau_0 \leq T_0 \leq 2\tau_0$ ,  $l, k = 1, 2, \dots, L$  и  $k < l$

$$\langle w_1[X] \rangle_n = \frac{T_0 - \tau_0}{2\Delta_k T_0} \frac{\langle P(x_k) \rangle}{L-1} \begin{cases} \ln \frac{1+(L-1)(T_0 - \tau_0)/\tau_0}{1+(L-1)\frac{x_k - \Delta_k - X}{x_k - \Delta_k - X_n}}, x_k - \Delta_k - (x_k - \Delta_k - X_n)(T_0 - \tau_0)/\tau_0 \leq \\ \leq X \leq x_k - \Delta_k; \\ \ln[1+(L-1)(T_0 - \tau_0)/\tau_0], x_k - \Delta_k \leq X \leq x_k + \Delta_k; \\ \ln \frac{1+(L-1)(T_0 - \tau_0)/\tau_0}{1+(L-1)\frac{X - x_k - \Delta_k}{X_n - x_k - \Delta_k}}, x_k + \Delta_k \leq X \leq \\ \leq x_k + \Delta_k + (X_n - x_k - \Delta_k)(T_0 - \tau_0)/\tau_0; \\ 0, \text{ в остальных случаях.} \end{cases}$$



При  $T_0 \geq 2\tau_0$ ,  $l, k = 1, 2, \dots, L$  и  $k > l$

$$\langle w_1[X] \rangle_n = \frac{\tau_0}{2\Delta_k T_0} \frac{\langle P(x_l) \rangle}{L-1} \begin{cases} \ln \frac{L}{1+(L-1)\frac{x_l - \Delta_k - X}{x_l - \Delta_k - X_n}}, X_n \leq X \leq x_l - \Delta_k; \\ \ln L, x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k; \\ \ln \frac{L}{1+(L-1)\frac{X - x_l - \Delta_k}{X_n - x_l - \Delta_k}}, x_l + \Delta_k \leq X \leq X_n; \\ 0, \text{ в остальных случаях.} \end{cases}$$

При  $T_0 \geq 2\tau_0$ ,  $l, k = 1, 2, \dots, L$  и  $k = l$

$$\langle w_1[X] \rangle_n = \frac{1}{2\Delta_k} \begin{cases} \frac{T_0 - 2\tau_0}{T_0} \frac{1}{L}, X_n \leq X \leq X_n; \\ 0, \text{ в остальных случаях.} \end{cases}$$

При  $T_0 \geq 2\tau_0$ ,  $l, k = 1, 2, \dots, L$  и  $k < l$

$$\langle w_1[X] \rangle_n = \frac{\tau_0}{2\Delta_k T_0} \frac{\langle P(x_k) \rangle}{L-1} \begin{cases} \ln \frac{L}{1+(L-1)\frac{x_k - \Delta_k - X}{x_k - \Delta_k - X_n}}, X_n \leq X \leq x_k - \Delta_k; \\ \ln L, x_k - \Delta_k \leq X \leq x_k + \Delta_k; \\ \ln \frac{L}{1+(L-1)\frac{X - x_k - \Delta_k}{X_n - x_k - \Delta_k}}, x_k + \Delta_k \leq X \leq X_n; \\ 0, \text{ в остальных случаях.} \end{cases}$$

Абсолютная погрешность  $\Delta_n[X]$  оценки  $\langle w_1[X] \rangle_n$  плотности вероятности при интерполяции реализации между отсчетами,  $T_0 \leq \tau_0$  и  $l, k = 1, 2, \dots, L$



$$\Delta_n[X] = \langle w_1[X] \rangle_n - w_1[X] = (2\Delta_k)^{-1} \times$$

$$\times \left\{ \begin{aligned} & \frac{1}{x_k - x_l} \left\{ \langle P(x_l, x_k) \rangle \left[ \frac{(X - x_l + \Delta_k), x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k}{2\Delta_k, x_l + \Delta_k \leq X \leq x_k - \Delta_k} \right] - \left[ \frac{1}{L}, X_H \leq X \leq X_B \right] \right\}, k > l; \\ & \langle P(x_l) \rangle [1, x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k] - [1/L, X_H \leq X \leq X_B], k = l; \\ & \frac{1}{x_l - x_k} \left\{ \langle P(x_l, x_k) \rangle \left[ \frac{(x_l + \Delta_k - X), x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k}{2\Delta_k, x_k + \Delta_k \leq X \leq x_l - \Delta_k} \right] - \left[ \frac{1}{L}, X_H \leq X \leq X_B \right] \right\}, k < l; \\ & 0, \text{ в остальных случаях.} \end{aligned} \right.$$

При  $\tau_0 \leq T_0 \leq 2\tau_0$ ,  $l, k = 1, 2, \dots, L$  и  $k > l$

$$\Delta_n[X] = \frac{T_0 - \tau_0}{2\Delta_k T_0} \left\{ \begin{aligned} & \frac{\langle P(x_l) \rangle}{L-1} \left[ \ln \frac{1 + (L-1)(T_0 - \tau_0)/\tau_0}{1 + (L-1)\frac{x_l - \Delta_k - X}{x_l - \Delta_k - X_H}} \times (T_0 - \tau_0)/\tau_0 \leq X \leq x_l - \Delta_k \right. \\ & \left. \ln [1 + (L-1)(T_0 - \tau_0)/\tau_0], x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k \right] - \\ & \left[ \ln \frac{1 + (L-1)(T_0 - \tau_0)/\tau_0}{1 + (L-1)\frac{X - x_l - \Delta_k}{X_B - x_l - \Delta_k}} + (X_B - x_l - \Delta_k) \frac{T_0 - \tau_0}{\tau_0} \right. \\ & \left. - [1/L, X_H \leq X \leq X_B] \right]; \\ & 0, \text{ в остальных случаях.} \end{aligned} \right.$$

При  $\tau_0 \leq T_0 \leq 2\tau_0$ ,  $l, k = 1, 2, \dots, L$  и  $k = l$

$$\Delta_n[X] = \frac{2\tau_0 - T_0}{2\Delta_k T_0} \left\{ \begin{aligned} & \frac{\langle P(x_l) \rangle}{1 + (L-1)(T_0 - \tau_0)/\tau_0} \left[ \frac{x_l - \Delta_k - (x_l - \Delta_k - X_H)(T_0 - \tau_0)/\tau_0 \leq X \leq x_l + \Delta_k + (X_B - x_l - \Delta_k)(T_0 - \tau_0)/\tau_0}{\leq x_l + \Delta_k + (X_B - x_l - \Delta_k)(T_0 - \tau_0)/\tau_0} \right] - \\ & - [1/L, X_H \leq X \leq X_B]; \\ & 0, \text{ в остальных случаях.} \end{aligned} \right.$$

При  $\tau_0 \leq T_0 \leq 2\tau_0$ ,  $l, k = 1, 2, \dots, L$  и  $k < l$



$$\Delta_n[X] = \frac{T_0 - \tau_0}{2\Delta_k T_0} \left\{ \begin{aligned} & \frac{\langle P(x_k) \rangle}{L-1} \left[ \ln \frac{1 + (L-1)(T_0 - \tau_0)/\tau_0}{1 + (L-1)\frac{x_k - \Delta_k - X}{x_k - \Delta_k - X_H}} \times (T_0 - \tau_0)/\tau_0 \leq X \leq x_k - \Delta_k; \right. \\ & \left. \ln [1 + (L-1)(T_0 - \tau_0)/\tau_0], x_k - \Delta_k \leq X \leq x_k + \Delta_k; \right] - \\ & \left[ \ln \frac{1 + (L-1)(T_0 - \tau_0)/\tau_0}{1 + (L-1)\frac{X - x_k - \Delta_k}{X_B - x_k - \Delta_k}} + (X_B - x_k - \Delta_k)(T_0 - \tau_0)/\tau_0; \right. \\ & \left. - [1/L, X_H \leq X \leq X_B] \right]; \\ & 0, \text{ в остальных случаях.} \end{aligned} \right.$$

При  $T_0 \geq 2\tau_0$ ,  $l, k = 1, 2, \dots, L$  и  $k > l$

$$\Delta_n[X] = \frac{\tau_0}{2\Delta_k T_0} \left\{ \begin{aligned} & \frac{\langle P(x_l) \rangle}{L-1} \ln \frac{L}{1 + (L-1)\frac{x_l - \Delta_k - X}{x_l - \Delta_k - X_H}} - \frac{1}{L}, X_H \leq X \leq x_l - \Delta_k; \\ & \frac{\langle P(x_l) \rangle}{L-1} \ln L - \frac{1}{L}, x_l - \Delta_k \leq X \leq x_l + \Delta_k; \\ & \frac{\langle P(x_l) \rangle}{L-1} \ln \frac{L}{1 + (L-1)\frac{X - x_l - \Delta_k}{X_B - x_l - \Delta_k}} - \frac{1}{L}, x_l + \Delta_k \leq X \leq X_B; \\ & 0, \text{ в остальных случаях.} \end{aligned} \right.$$

При  $T_0 \geq 2\tau_0$ ,  $l, k = 1, 2, \dots, L$  и  $k = l$   $\Delta_n[X] = 0$ ,  $X_H \leq X \leq X_B$ .

При  $T_0 \geq 2\tau_0$ ,  $l, k = 1, 2, \dots, L$  и  $k < l$

$$\Delta_n[X] = \frac{\tau_0}{2\Delta_k T_0} \left\{ \begin{aligned} & \frac{\langle P(x_k) \rangle}{L-1} \ln \frac{L}{1 + (L-1)\frac{x_k - \Delta_k - X}{x_k - \Delta_k - X_H}} - \frac{1}{L}, X_H \leq X \leq x_k - \Delta_k; \\ & \frac{\langle P(x_k) \rangle}{L-1} \ln L - \frac{1}{L}, x_k - \Delta_k \leq X \leq x_k + \Delta_k; \\ & \frac{\langle P(x_k) \rangle}{L-1} \ln \frac{L}{1 + (L-1)\frac{X - x_k - \Delta_k}{X_H - x_k - \Delta_k}} - \frac{1}{L}, x_k + \Delta_k \leq X \leq X_B; \\ & 0, \text{ в остальных случаях.} \end{aligned} \right.$$



Отметим, что для  $k=l$  при  $T_0 \leq \tau_0$  и  $\tau_0 \leq T_0 \leq 2\tau_0$  по отношению к  $\langle P(x_l) \rangle / 2\Delta_k$  имеют место мультипликативные погрешности равные соответственно 1 и  $(2\tau_0 - T_0)/T_0 [1 + (L-1)(T_0 - \tau_0)/\tau_0]$ . При этом отсутствуют аддитивные погрешности. При  $T_0 \geq 2\tau_0$  мультипликативная погрешность пропадает и появляется аддитивная  $(T_0 - 2\tau_0)/2\Delta_k L T_0$ .

### Выводы

При линейной корреляционной функции  $\rho(\tau)$  традиционная гистограмма увеличивает погрешность измерения распределений  $\langle w_l[X] \rangle$ , поскольку столбцы гистограмм «расплываются» и налагаются друг на друга. Так, при переходе от экстраполяции к интерполяции процесса мультипликативная погрешность при  $T_0 \leq \tau_0$  и  $k=l$  уменьшается в  $\ln \left[ 1 + (L-1) \frac{T_0}{\tau_0} \right] / (L-1) \frac{T_0}{\tau_0}$  раз, а аддитивная погрешность при  $T_0 \geq 2\tau_0$  и  $k=l$  в  $\frac{T_0 - \tau_0}{T_0 - 2\tau_0}$  раз. Это позволяют не только оценить достоверность измерений плотности распределения вероятности  $\langle w_l(X) \rangle$  эргодических случайных процессов, но и оптимизировать их.

### Литература

1. Заико А. И., Нагаев О. Н. Измерение плотности вероятности эргодического случайного процесса // Труды междунар. НТК «Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015)». – Т.1. – Самара: СНЦ РАН, 2015. – С.54-60.
2. Заико А. И. Случайные процессы. Модели и измерения: учеб. пособие. М.: Изд-во МАИ, 2006. – 207 с.
3. Заико А. И. Случайный процесс Заико с равномерным законом распределения // Вестник УГАТУ. – 2008. – Т.11. – № 1(28). – С. 188-193.
4. Zaiko A. I. Random signal with uniform distribution // Measurement Techniques. – 1999. – v. 42. – Juni. – P. 11-13.

О.А. Заякин<sup>1</sup>, В.Н. Белопухов<sup>2</sup>, В.Д. Треумов<sup>1</sup>

### ПОГРЕШНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ МАКСИМУМА ОПТОЭЛЕКТРОННОГО ОТКЛИКА КООРДИНАТНО-ЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

<sup>1</sup>Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва,

<sup>2</sup>Институт проблем управления сложными системами РАН, г. Самара)

Представлены результаты численных расчетов изменения величин информативных параметров двумерного лазерного триангулятора [1] под влиянием электронных шумов. Этот перспективный прибор, предназначенный для контроля качества формы рабочих поверхностей подшипников, разрабатывался



в Самарском филиале Физического института РАН. Результаты расчетов получены с помощью специально созданной компьютерной программы. Программа создана на MathCad 14.

Сущность способа, лежащего в основе действия исследуемого прибора, заключается в сканировании контролируемой поверхности узким сфокусированным пучком света лазера и регистрации местоположения пучка света, зеркально отражаемого при этом данной поверхностью, позиционно-чувствительным (в данном случае матричным) фотоприемником на основе прибора с зарядовой связью (ПЗС). Фотоприемники этого типа широко распространены в настоящее время. Идея способа в чем-то напоминает датчик волнового фронта Шака-Гартмана, только у нас гартманогрмма, в виртуальном виде, получается последовательным сканированием с дискретным шагом, что заменяет множество субапертур.

В качестве модельной функции был взят, для простоты, одномерный гауссиан:

$$y_0(n) = \exp\left(-\frac{2(x-x_0)^2}{L^2}\right), \quad (1)$$

где  $x$  задается дискретными отсчетами.

Он моделировал распределение мощности лазерного пучка, отраженного контролируемой поверхностью, на позиционно-чувствительном фотоприемнике, то есть входной сигнал в триангуляторе в заданный момент. Информативными параметрами в двумерном лазерном триангуляторе являются координаты центра лазерного пучка на фотоприемнике.

Шумы, возникающие как от электроники, так и от лазера, моделировались, для простоты, белым шумом, имеющим аддитивную и мультипликативную составляющие:

$$y(x) = \left(1 - \frac{A}{2} + A\chi\right)y_0(x) - B\xi. \quad (2)$$

Первое слагаемое моделировало мультипликативную составляющую шума (неоднородность чувствительности элементов ПЗС-фотоприемника), второе - аддитивную (погрешность амплитудно-цифрового преобразования);  $\chi$  и  $\xi$  - случайные величины с равномерным распределением в интервале значений больше нуля, но меньше единицы;  $\chi$  и  $\xi$  не зависят друг от друга.

Величины коэффициентов  $A$  и  $B$ , задающих в модели амплитуду шума, были выбраны нами из данных наших же экспериментов [2], а также сведений из литературы [3]:  $A=0,04$ ,  $B=0,005$ .

В нашей программе присутствовали два алгоритма расчета центра пятна. По первому из них этот центр вычислялся как «центр тяжести», или, как говорят оптики, «энергетический центр». Он определялся как первый начальный момент модельной функции. Для статистической оценки искомой величины в программе задавалось количество повторений процедуры этого алгоритма. По выборочной дисперсии рассчитывалась статистическая оценка (в виде С.К.О.).



Другие параметры сигнала и шума пользователь должен был задавать самостоятельно.

По второму алгоритму искомый центр определялся как координата максимума аппроксимирующей функции. Аппроксимирующая функция в программе задана такого же вида, как и модельная. Это гауссиан с тремя искомыми параметрами:

$$y(x) = a_1 \exp[(x - a_2)^2 / a_3]. \quad (3)$$

где  $a_1$  - амплитуда;  $a_2$  - координата максимума (нужная нам величина);  $a_3$  - полуширина. Аппроксимация проводилась по известному методу наименьших квадратов. Для этого находили  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$  из системы уравнений:

$$\begin{aligned} F_1(a_1, a_2, a_3) &= \sum_i y(x) = \{y_i - a_1 \exp[(x_i - a_2)^2 / a_3]\} \exp[(x_i - a_2) / a_3] = 0; \\ F_2(a_1, a_2, a_3) &= \sum_i y(x) = \{y_i - a_1 \exp[(x_i - a_2)^2 / a_3]\} \exp[(x_i - a_2) / a_3] x_i = 0; \\ F_3(a_1, a_2, a_3) &= \sum_i y(x) = \{y_i - a_1 \exp[(x_i - a_2)^2 / a_3]\} \exp[(x_i - a_2) / a_3] x_i^2 = 0. \end{aligned} \quad (4)$$

Для решения (2) использовался метод Ньютона. При этом первое приближение выбиралось в виде:

$$a_{10} = \max(y_i); a_{20} = \frac{\sum_i y_i x_i}{\sum_i y_i}; a_{30} = -\frac{2 \sum_i y_i (x_i - a_{20})^2}{\sum_i y_i}. \quad (5)$$

Решив систему

$$\begin{aligned} F_{10} + \frac{\partial F_{10}}{\partial a_1} \varepsilon_1 + \frac{\partial F_{10}}{\partial a_2} \varepsilon_2 + \frac{\partial F_{10}}{\partial a_3} \varepsilon_3 &= 0; \\ F_{20} + \frac{\partial F_{20}}{\partial a_1} \varepsilon_1 + \frac{\partial F_{20}}{\partial a_2} \varepsilon_2 + \frac{\partial F_{20}}{\partial a_3} \varepsilon_3 &= 0; \\ F_{30} + \frac{\partial F_{30}}{\partial a_1} \varepsilon_1 + \frac{\partial F_{30}}{\partial a_2} \varepsilon_2 + \frac{\partial F_{30}}{\partial a_3} \varepsilon_3 &= 0, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $F_{10} = F_1(a_{10}, a_{20}, a_{30})$ ;  $F_{20} = F_2(a_{10}, a_{20}, a_{30})$ ;  $F_{30} = F_3(a_{10}, a_{20}, a_{30})$ , определась поправка  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$ ,  $\varepsilon_3$ . Затем делалась замена

$$a_{10} \rightarrow a_{10} + \varepsilon_1; a_{20} \rightarrow a_{20} + \varepsilon_2; a_{30} \rightarrow a_{30} + \varepsilon_3 \quad (7)$$

в (6) и находились следующие поправки  $\varepsilon_1$ ,  $\varepsilon_2$ ,  $\varepsilon_3$ , продолжая процесс до тех пор, пока не выполнялись условия:

$$|\varepsilon_1| < \varepsilon_{1\min}; |\varepsilon_2| < \varepsilon_{2\min}; |\varepsilon_3| < \varepsilon_{3\min}. \quad (8)$$

Пределы допустимых в наших расчетах погрешностей определения параметров гауссиана (амплитуды, координаты центра и полуширины) были заданы соответственно 0,003 (от максимума гауссиана),  $1 \times 10^{-6}$  (доли дискретного отсчета ПЗС-фотоприемника) и 0,01 от  $L$  (1).

Из-за значительно большего времени счета, по сравнению с первым алгоритмом, статистическая оценка по второму алгоритму в программе не проводи-



лась. Для этого мы использовали другую программу, специально созданную нами. Файл данных для нее мы формировали с клавиатуры.

Существенным моментом в нашей программе было применение цифровой адаптивной пороговой фильтрации сигнала, при которой отчеты, меньшие некоторого порогового уровня, заданного в долях максимума отклика, отбрасывались, чтобы они не увеличивали погрешность определения центра отклика. При этом заданный уровень также должен был быть не менее уровня фонового шума. Этот фактор, связанный с отчетами распределения мощности лазерного пучка на краях одномодального оптоэлектронного отклика (1), был обнаружен нами из численного моделирования, благодаря чему мы заблаговременно внесли в нашу программу соответствующие изменения. При этом уровень порога фильтрации был нами выбран опытным путем (по критерию минимума погрешности определения координаты максимума) равным  $\exp(-2)$  от максимума оптоэлектронного отклика (это 13%).

Для верификации нашей программы, мы сравнивали наши результаты с полученными ранее [4] другими специалистами, которые исследовали влияние дискретности на погрешность оптического триангулятора. В их работах центр отклика определялся по «центру тяжести». Для сравнения мы задавали нулевой уровень шума. Сравнение показало, что результаты удовлетворительно совпадали, что придало нам уверенности в правильности наших вычислений.

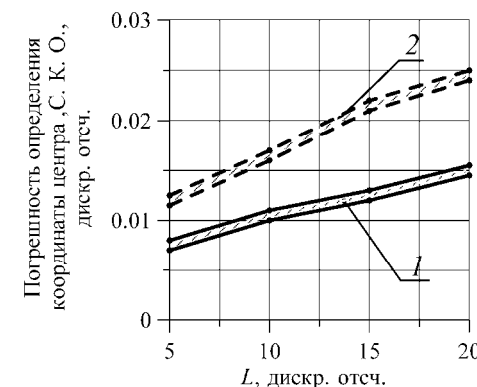
По результатам работы программы построены гистограммы, по которым видно отклонение рассчитанной координаты центра (или же максимума), возникающее при действии шума. Гистограммы статистической выборки в обоих случаях (объем выборки мы брали равный 10000) практически соответствовали нормальному распределению непрерывной случайной величины.

Результаты показали, что алгоритм аппроксимации гауссианом имел несколько меньшую устойчивость к шумам, чем алгоритм «центра тяжести» (см. рис. 1).

Следует признать, что при сравнении с алгоритмом (который мы здесь не рассматривали) поиска центра по медиане, то есть, по равенству объемов под графиком функции отклика, эффект был бы еще скромнее, хотя и не слишком значительно.

Полученные величины удовлетворяли требованиям в такой практически важной задаче [1], как, например, контроль круглости радиального профиля желоба колец подшипников.

В то же время исследуемый алгоритм аппроксимации требовал



1 – алгоритм «центра тяжести»;  
2 – аппроксимация гауссианом

Рис. 1 – Результаты численного моделирования



значительного большего, на два порядка, времени работы цифрового вычислительного устройства (так, количество итераций получалось от 12 до 15), но при этом не мог дать нужного эффекта, для которого он предназначался.

Выражаем признательность В. Н. Подвигину за полезные обсуждения и помощь в работе.

### Литература

1. Белопухов, В. Н. Лабораторный макет лазерного кругломера [Текст] / В. Н. Белопухов, М. Ю. Грачев, М. В. Лесников, О. А. Заякин, Ю. О. Понявин // Перспективные информационные технологии (ПИТ-2012) : сб. науч. тр.- Самара: Изд. Самарского научного центра РАН, 2012. - С. 10 - 13. - ISBN 978-5-93424-627-4.
2. Заякин, О. А. Информационно-измерительная система контроля деталей подшипников на основе двумерной лазерной триангуляции [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: специальность 05.11.16. - Самара: 2005. - 19 с.
3. Носов, Ю. Р. Основы физики приборов с зарядовой связью [Текст] / Ю. Р. Носов, В. А. Шилин. - М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. - 320 с.
4. Волков, Е. В. Исследование влияния ширины зондирующего пучка на погрешность измерения триангуляционных систем [Текст] / Е. В. Волков, С. В. Плотников // Автометрия. - 1997. - №2. - С. 19 - 25.

А.В. Кауров

## ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ОБОРУДОВАНИЯ НАБЛЮДЕНИЯ В СРЕДНЕМ И ДАЛЬНЕМ ИК ДИАПАЗОНЕ

(АО «РКЦ «Прогресс»)

В данном докладе будет рассказано о создании технологии изготовления фотоприёмных устройств (ФПУ-ИК), обеспечивающих разработку высокодетального ИК-канала для перспективных систем оптико-электронного наблюдения.

Основными задачами были:

- разработка технологии гибридной сборки фоточувствительной матрицы, мультиплексора и светофильтров;
- разработка, изготовление и испытания опытных образцов ИК-приемников;
- разработка технологий, обеспечивающих высокодетальный уровень разрешения;
- технология обработки информации, в том числе устранения неравномерности чувствительности ИК-приемников, сшивки фотозон ИК-приемников, реализации цифрового режима ВЗН ИК-приемников, фильтрации частотно-шумовых искажений;



- разработка, изготовление и испытания макетных образцов, подтверждающие эффективность предлагаемых технологий;

Информационный макет ФПУ-ИК предназначен для исследования информационных возможностей параметрического ряда ИК-приемников на базе InSb (3...5 мкм), Si<Ga> (8...14 мкм).

Информационный макет ФПУ-ИК должен обеспечивать:

- а) установку в ФПУ-ИК матричных ИК-приемников;
- б) возможность смены в ФПУ-ИК типа приемника для сравнительной оценки их информационных возможностей;
- в) имитацию основных характеристик оптической системы (светосила, спектральный диапазон работы, фоновая засветка приемников и т.д.);
- г) имитацию фоно-целевой обстановки:
  - мира с регулируемым температурным контрастом 0,1-5 К;
  - фон с регулируемой температурой от минус 10°C до плюс 40°C;
- д) температурный уровень криостатирования приемников от 20К до 120К.

По результатам испытаний на информационном макете ФПУ-ИК должны быть оценены при различной фоно-целевой обстановке:

- разрешение ИК-канала по тепловой мере;
- радиометрическая чувствительность (NEΔT) ИК-канала;
- допустимые температурные уровни криостатирования элементов ФПУ.

Использование фотоприемника, работающего в режиме временной задержки и накопления (ВЗН), даёт возможность увеличения времени накопления сигнала на отсчете изображения, обеспечивая необходимое отношение сигнал/шум при больших значениях скорости бега изображения и, соответственно, повысить производительность системы в целом.

Экспериментальные исследования эффективности ВЗН подтвердили степенную зависимость роста отношения сигнал/шум от числа шагов накопления с показателем в диапазоне от 0,4 до 0,49.

Другим важным преимуществом ВЗН является улучшение однородности характеристик чувствительности фотоприемника и снижение уровня геометрического шума за счет усреднения по пикселям в направлении сканирования изображения.

ВЗН-организация не требует обязательно плотного расположения фоточувствительных областей соседних пикселей в строке – для эффективной работы ВЗН важно лишь одно, чтобы каждый элемент сцены был просмотрен («накоплен») последовательно всеми элементами строки ВЗН, и чтобы выходные сигналы этих пикселей были просуммированы в соответствующих фазах. То, какое расстояние при этом имеется между последовательными пикселями в направлении сканирования, решающего значения не имеет. Соответствующая конструкция прибора получила название разреженной структуры ВЗН. В основе концепции разреженной структуры ВЗН лежит то обстоятельство, что нет необходимости располагать пиксели в направлении





сканирования плотно – важно лишь уметь правильно синхронизировать суммирование с характером движения изображения.

Информация, полученная с макета, представляет набор двумерных массивов.

Работа с информацией выявила проблемы, которые не позволяют обеспечить качество восстановленного изображения:

- неравномерность чувствительности;
- локальный брак, вызванный шумом и внешними помехами;

Первая проблема устраняется при помощи радиометрической коррекции. Для этого использовались заранее сделанные калибровочные снимки «холодного» (закрытая крышка) и «горячего» (рука) фона.

Для решения второй проблемы вводится «матрица исключений», которая предназначена для блокировки данных, неприемлемых для дальнейшего восстановления изображения. Брак может быть постоянным, а может появляться единожды или периодически. Поэтому реализованы матрицы исключений, общая для всех кадров, так и для каждого кадра в отдельности.

Программное обеспечение, созданное для работы с полученной информацией, кроме реализации цифрового режима ВЗН, имеется возможность радиометрической коррекции и создание матриц исключений по качеству калибровочных снимков и статистики. Также в нём реализованы нормировка данных и вывод статистических данных на экран.

Е.О. Конкина

## ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ БУМАЖНОГО ПОЛОТНА МЕТОДАМИ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

(Пензенский государственный университет)

В качестве средств для оценки величины просвета наиболее часто используются оптические методы, сущность которых заключается в фиксировании фотометрических колебаний светопропускаемости бумаги.

Визуальный анализ бумажного полотна при проходящем свете показал существенное различие степени неоднородностей просвета образцов бумаги разного сорта. В связи с этим в дальнейших исследованиях структуры бумаги был использован метод гранулометрического анализа.

Гранулометрический анализ, определяющий гранулометрический состав рыхлых горных пород, почв и искусственных материалов в настоящее время активно применяется в медицине и металлургической промышленности.

Принцип пространственной грануляции удобно реализовывать с использованием грасманновых элементов различной размерности. В декартовых координатах объект представляется в виде иерархического множества типовых грасманновых элементов в пространстве размерности  $n$ , каждый из которых задан с помощью  $n+1$  параметра:



$$G_n = \begin{pmatrix} x_1^1 & x_2^1 & \dots & x_n^1 & 1 \\ x_1^2 & x_2^2 & \dots & x_n^2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ x_1^n & x_2^n & \dots & x_n^n & 1 \\ x_1^{n+1} & x_2^{n+1} & \dots & x_n^{n+1} & 1 \end{pmatrix}, \quad (1)$$

при этом параметрами являются координаты вершин элемента  $x_j^{i+1}$ ,  $i=1\dots n$ ,  $j=1\dots(n+1)$ .

Таким образом, структура грасманнова элемента кодируется с помощью матрицы (1), а его геометрические параметры – с помощью значений элементов этой матрицы. Подобные модели могут применяться для задач различной размерности и с различной геометрией, определяемой выбором системы координат [1].

Результат измерения интенсивностей элементов цифрового изображения бумажного полотна представляется в виде функции, которая иногда называется площадью поверхности изображения. Каждому объекту изображения присваиваются определенные параметры, основной из которых - размер. На основании этих параметров производится построение гистограммы распределения объектов по определенным признакам. Вторым параметром, на основании которого осуществляется распределение, является интенсивность (яркость) объектов изображения [2] (рис. 1-3).

Таким образом, чем выше количество элементов изображения, имеющих минимальный размер, тем более однородна структура бумажного полотна.

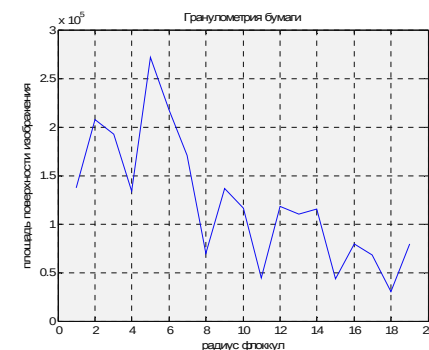


Рис. 1. Результат гранулометрического анализа бумаги для офисной техники

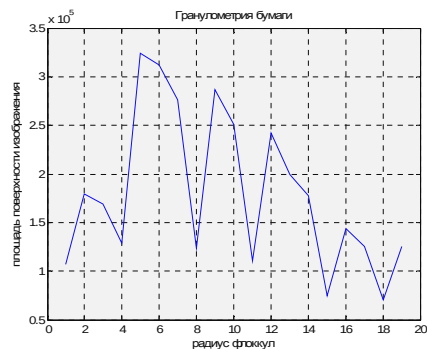


Рис. 2. Результат градуометрического анализа писчей бумаги

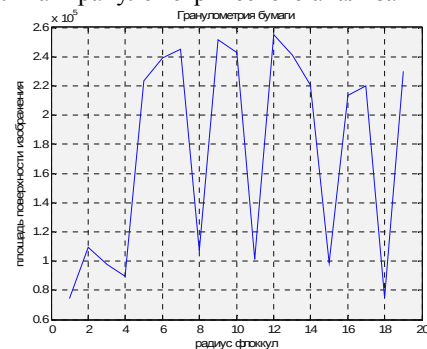


Рис. 3. Результат градуометрического анализа оберточной бумаги

Результатом градуометрического анализа изображений просвета трёх различных сортов бумаги являются графики, наглядно отображающие распределение элементов изображения в соответствии с их радиусом и интенсивностью. Полученные данные показывают, что наиболее однородным из всех образцов является образец бумаги для офисной техники, в то время как образец оберточной бумаги имеет ярко выраженную флоккуляцию.

Метод градуометрии эффективен и наглядно отображает параметры качества бумажного полотна, а значит может успешно применяться для оценки однородности структуры бумажного полотна.

### Литература

1. Бутенков С.А. Математические модели процессов на фрактальных структурах с заданными свойствами на основе методов градуляции // Известия вузов: ЮФУ. Технические науки. – Тематический выпуск. 2011, С.199-209.
2. Конкина Е.О., Семенов А.Д. Применение градуометрии в оценке неравномерности бумаги./ Проблемы автоматизации и управления в технических системах: Сборник статей Международной научно-технической конференции 19-21 мая 2015 г., Пенза – Изд-во ПГУ, 2015.



Д.А. Корячко

## РАСПОЗНАВАНИЕ ОБЛАЧНЫХ ОБЪЕКТОВ НА ПАНХРОМАТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОЦЕДУРЫ ОБУЧЕНИЯ

(Рязанский государственный радиотехнический университет)

### Введение

В системах дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) облачности отводится двойная роль. Так, в гидрометеорологии облачные образования, наблюдаемые на спутниковых снимках являются объектом изучения при определении погоды и климата планеты. Что касается систем ДЗЗ, предназначенных для картографирования земной поверхности, то для них облака являются мешающим фактором, поскольку закрывают наблюдаемую территорию, а участки, попадающие в тень от облаков, отображаются на изображениях с пониженной яркостью. Всё это затрудняет выполнение тематической обработки и оперативного дешифрирования материалов съемки.

Задача выделения облачности возникает на этапе предварительной обработки спутниковых изображений с целью:

- оценки качества видеоматериалов по критерию отношения площади покрытой облачностью к площади снимка;
- исключения участков снимка, содержащих облаками, при радиометрической коррекции, классификации объектов, построении ортопланов по множеству разновременных изображений и др.

В случае, если выполняется спектральная или гиперспектральная съемка, процедура распознавания и выделения облачности на многоканальных снимках упрощается за счет использования колориметрических или спектральных характеристик наблюдаемых объектов [1]. При панхроматической (одноканальной) съемке подобные методы неприменимы и распознавать облачные образования приходится на основе яркостных критериев. Поскольку известные алгоритмы пороговой сегментации не всегда позволяют получить хорошие результаты, то актуальными становятся исследования, направленные на достижение высокой скорости и надежности процедуры выделения облачности.

В настоящей работе предлагается комплексное решение задачи предварительной обработки панхроматических изображений, связанное не только с эффективной сегментацией облачных объектов, но и затенённых участков снимка.

### Алгоритмы сегментации облачности

Алгоритм выделения облачных объектов на изображении  $B = \{i_{mn}\}$ ,  $m = \overline{1, M}$ ,  $n = \overline{1, N}$ , где  $i_{mn}$  – яркость пикселя с координатами  $(m, n)$ ,  $i_{mn} \in [0, i_{\max}]$ , сводится к разделению его на два класса объектов  $B_1$  и  $B_2$ , так, что



$$B = B_1 \cup B_2, \quad B_1 \cap B_2 = \emptyset.$$

Класс  $B_1$  состоит всего из одного объекта, включающего пиксели  $i_{mn}$ , которые не принадлежат облачности. К классу  $B_2$  относятся фрагменты снимка  $B_{2i}, B_2 = \{B_{2i}\}, i=1,2,\dots$ , с изображениями облачных образований. Поскольку облачные образования на снимке выглядят более ярко (рис. 1), то выполним их сегментацию с использованием порогового критерия: пиксель  $i_{mn}$  принадлежит облачному объекту, если  $i_{mn} \geq i_0$ , иначе  $i_{mn} \in B_1$ , где  $i_0$  – пороговое значение яркости пикселей.

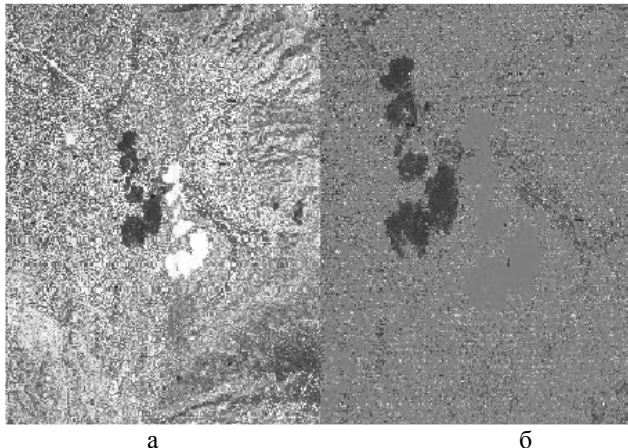


Рис. 1. Изображение земной поверхности с облачными образованиями. (а) – до обработки, (б) – после обработки пороговым алгоритмом (облачность подсвечена синим цветом)

Пороговое значение  $i_0$  определим с использованием метода максимизации межклассовой дисперсии [2], в соответствии с которым

$$i_0 = \max \sigma_B^2(i), i = \overline{0, i_{\max}}.$$

Значение межклассовой дисперсии  $\sigma_B^2(i)$  для кода яркости  $i$  определяется выражением

$$\sigma_B^2(i) = \frac{[\bar{i}p(i) - \bar{i}_1]^2}{p(i)[1 - p(i)]},$$

где  $\bar{i} = \frac{1}{MN} \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N i_{mn}$ ;  $\bar{i}_1$  – средняя яркость пикселей, для которых  $i_{mn} > i$ ;  $p(i)$  – вероятность того, что для случайного пикселя изображения  $i_{mn} < i$ ,



$$p(i) = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^{b-1} h(i), \text{ где } h(i) - \text{количество пикселей изображения, для которых } i_{mn} = i.$$

Для исследования порогового алгоритма сегментации облачности были использованы 4-е снимка земной поверхности от КА «Ресурс-ДК». Первый сюжет, приведенный на рис. 1, характеризуется наличием яркой и темной подстилающей поверхности и небольшим количеством облачных объектов  $B_{2i}$ , значительно отличающихся по яркости от яркой подстилающей поверхности. На остальных изображениях присутствует подстилающая поверхность широкого яркостного диапазона и облачные образования различной яркости.

Поскольку на снимке человек без труда распознаёт облачные объекты, то качество работы алгоритмов сегментации будем сравнивать с ручным вариантом выделения облачности.

Обозначим через  $B_2^* = \{B_{2i}^*\}, i = \overline{1, I^*}$  множество выделенных вручную фрагментов снимка, содержащих изображения облачных объектов. Множеством  $B_2^{\Pi} = \{B_{2i}^{\Pi}\}, i = \overline{1, I^{\Pi}}$  опишем облачные объекты, выделенные с помощью порогового алгоритма сегментации. Количество объектов, ложно отнесённых к облачности, обозначим переменной  $I_o^{\Pi}, I_o^{\Pi} < I^{\Pi}$ , а переменной  $I_{\Pi}^{\Pi}$  – обозначим число нераспознанных облачных образований,  $I_{\Pi}^{\Pi} < I^*$ . Общую площадь снимка, занимаемую объектами множества  $B_2^*$  обозначим через  $S^*$ , а площадь, занимаемую объектами множества  $B_2^{\Pi}$  обозначим через  $S^{\Pi}$ .

Тогда эффективность алгоритма сегментации можно оценить по следующим показателям:

- проценту ложно пропущенных облачных образований,  $\rho_{\Pi} = \frac{I_{\Pi}^{\Pi}}{I^*} \cdot 100\%$
- проценту ложно обнаруженных облачных объектов,  $\rho_{\Pi} = \frac{I_o^{\Pi}}{I^*} \cdot 100\%$ ;
- проценту общей площади выделенных облаков по отношению к истинному значению,  $S = \frac{S^{\Pi}}{S^*} \cdot 100\%$ .

В таблицах 1 и 2 приведены значения критериев качества сегментации для 4-х тестовых изображений. Как следует из таблиц, для порогового алгоритма доля ложно обнаруженных облачных объектов составляет значительную величину на каждом из снимков. К основным причинам такого явления относятся:

- неточное определение порога из-за размытости пика функции межклассовой дисперсии  $\sigma_B^2(i)$ ;
- присутствия различных типов облачности, т.е. наличия нескольких классов облачных объектов;
- отнесения к облачности небольших объектов земной поверхности, например, крыш домов и других инженерных сооружений.



Таблица. 1. Показатели эффективности алгоритмов сегментации по количеству выделенных областей

| Номер снимка | Пороговый алгоритм |                  | Алгоритм k-средних |                  | Алгоритм k-средних с обучением |                  |
|--------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------------------|------------------|
|              | $\rho_{\Pi}, \%$   | $\rho_{\Pi}, \%$ | $\rho_{\Pi}, \%$   | $\rho_{\Pi}, \%$ | $\rho_{\Pi}, \%$               | $\rho_{\Pi}, \%$ |
| 1            | 80.0               | 1400.0           | 60.0               | 720.0            | 40.0                           | 40.0             |
| 2            | 8.4                | 16.7             | 8.3                | 8.3              | 4.2                            | 8.4              |
| 3            | 100.0              | 2900.0           | 33.3               | 700.0            | 33.3                           | 66.7             |
| 4            | 50.0               | 650.0            | 50.0               | 500.0            | 0.0                            | 0.0              |

Таблица. 2. Показатели эффективности алгоритмов сегментации по критерию общей площади выделенной облачности

| Номер снимка | Пороговый алгоритм | Алгоритм k-средних | Алгоритм k-средних с обучением |
|--------------|--------------------|--------------------|--------------------------------|
|              | S, %               | S, %               | S, %                           |
| 1            | 529.38             | 399.57             | 110.26                         |
| 2            | 42.95              | 53.56              | 84.05                          |
| 3            | 110.68             | 80.20              | 91.08                          |
| 4            | 84.77              | 69.08              | 119.17                         |

Для устранения перечисленных недостатков будем:

- во-первых, использовать метод k-средних для выделения нескольких классов облачности;
- во-вторых, выполним фильтрацию полученных результатов сегментации по геометрическим размерам для исключения мелких объектов, не характерных для облачности.

В соответствии с методом k-средних, выделим на изображении три класса объектов:  $O_1$  – не облачность,  $O_2$  – вероятно, не облачность и  $O_3$  – облачность. Каждый из классов включает в себя  $I_k$  объектов соответствующего типа,  $O_k = \{O_{ki}\}, i = \overline{1, I_k}, k = \overline{1, 3}$ . Для отнесения пикселя  $i_{mn}$  к объекту k-го класса будем использовать функционал,

$$k = \arg \min_k |i_{mn} - \bar{i}_k|, k = \overline{1, 3}, (1)$$

где  $\bar{i}_k$  – средняя яркость пикселей k-го класса объектов.

Зададим начальные значения  $\bar{i}_1, \bar{i}_1 = 0, \bar{i}_2 = 0.5i_{\max}, \bar{i}_3 = i_{\max}$  и выполним кластеризацию изображения В с использованием функционала (1). Затем определим новые значения средних яркостей  $\bar{i}_k$ ,



$$\bar{i}_k^* = \frac{1}{Q_k} \sum_{i_{mn} \in B_{ki}} i_{mn},$$

где  $Q_k$  – количество пикселей, отнесенных к k-му классу объектов, и найдём максимальное изменение параметров кластеров  $\Delta, \Delta = \max_k |\bar{i}_k^* - \bar{i}_k|$ . Если  $\Delta \geq \Delta_0$ ,

где  $\Delta_0$  – пороговое значение, то обновим параметры  $\bar{i}_k = \bar{i}_k^*, k = \overline{1, 3}$  и вновь выполним кластеризацию изображения В.

После окончания итерационного процесса облачные объекты представим классом  $O_3, B_2 = O_3$ , а остальные объекты отнесём к классу  $B_1, B_1 = O_1 \cup O_2$ . Для завершения процедуры сегментации отбросим все облачные объекты площадью меньше порогового значения  $S_0$ , а остальные объекты векторизуем.

По показателям качества, представленным в таблицах 1 и 2, видно, что метод k-средних более эффективен по сравнению с пороговым алгоритмом выделения облачности. Однако он обладает крайне низким быстродействием и при обработке изображений высокого пространственного разрешения временные затраты становятся недопустимо велики. Кроме того, как показали эксперименты, качество сегментации во многом зависит от успешного задания начальных параметров  $\bar{i}_k$ . Поэтому предлагается:

- во-первых, для сокращения временных затрат и более точных настроек алгоритма использовать процедуру обучения;
- во-вторых, учитывать статистические характеристики облачных объектов для их более надёжного распознавания.

Под набором обучающих изображений будем понимать одномерные массивы  $D_v = \{d_{vj}\}, j = \overline{1, J_v}$ , где  $v$  – номер обучающего изображения, состоящего из пикселей изображения В;  $J_v$  – число элементов массива с яркостями  $d_{vj}$ . Формирование обучающих изображений происходит интерактивно путём задания отрезка, начало которого принадлежит облачному объекту, а конец – не закрытой облаками части снимка. При этом обучающие изображения будут содержать 4 класса объектов:  $O_1$  – достоверно не облачность,  $O_2$  и  $O_3$  – объекты с пикселями, не принадлежащих к облачности с меньшей достоверностью,  $O_4$  – облачность. Так как облачные объекты обладают существенно меньшей энтропией, чем подстилающая поверхность, то учтём это свойство в функционале, используемом при кластеризации,

$$k = \arg \min_k |\bar{i}_{mn} - \bar{i}_k| + c|e_{mn} - \bar{e}_k|, k = \overline{1, 4}, (2)$$

где  $\bar{i}_{mn}$  – средняя яркость, определяемая в пределах окна размером  $3 \times 3$  с координатами центра  $(m, n)$ ;  $e_{mn}$  – энтропия для квадратного окна со стороной  $p, p = 21$ , и центром в точке  $(m, n)$ , рассчитываемая по формуле



$e_{mn} = \frac{1}{p^2} \sum_{i=0}^{\max} h_i (\log_2(h_i) - \log_2(p^2))$ , где  $h_i$  – количество пикселей с кодом яркости  $i$ ;  $\bar{e}_k$  – средняя энтропия пикселей  $k$ -го класса объектов;  $c$  – масштабный коэффициент. Использование в выражении (2)  $\bar{i}_{mn}$  вместо  $i_{mn}$  снижает чувствительность алгоритма к ярким одиночным пикселям.

Зададим начальные параметры для работы алгоритма сегментации следующим образом:

$$\begin{aligned} \bar{i}_1 &= d_{vj}, \\ \bar{i}_2 &= 0.7\bar{i}_1 + 0.3\bar{i}_4, \bar{i}_3 = 0.5\bar{i}_1 + 0.5\bar{i}_4, \bar{i}_4 = d_{vj}, \\ \bar{e}_1 &= e_{vj}, \\ \bar{e}_2 &= 0.7\bar{e}_1 + 0.3\bar{e}_4, \bar{e}_3 = 0.3\bar{e}_1 + 0.7\bar{e}_4, \bar{e}_4 = e_{vj}, \\ c &= \frac{b_{\max}}{10} \end{aligned}$$

где  $e_{vj}$  – энтропия, рассчитанная по окружению  $j$ -го пикселя объектов изображения  $D_v$ . Затем, используя метод  $k$ -средних, определим  $\bar{i}_{kv}$  и  $\bar{e}_{kv}$  для всех обучающих изображений, и общие  $\bar{i}_k$  и  $\bar{e}_k$ :

$$\bar{i}_k = \frac{1}{V} \sum_{v=1, V} \bar{i}_{kv}, \bar{e}_k = \frac{1}{V} \sum_{v=1, V} \bar{e}_{kv}.$$

Рассчитав  $\bar{i}_k$  и  $\bar{e}_k$ , с использованием функционала (2) разделим изображение  $B$  на 4 класса объектов. Облачные объекты будут представлены классом  $O_4, B_2 = O_4$ , а остальные объекты отнесём к классу  $B_1, B_1 = O_1 \cup O_2 \cup O_3$ . Отфильтруем по критерию площади объекты класса  $B_2$  и выполним их векторизацию для получения контурного описания облачных объектов снимка.

По показателям качества, представленным в таблицах 1 и 2, видно, что алгоритм  $k$ -средних с обучением значительно более эффективен, чем классический алгоритм. Высокие значения  $\rho_{\Pi}$  и  $\rho_{\Delta}$  при  $S$ , близкой к 100%, на изображениях 1 и 3 объясняются особенностями сюжета. На этих снимках присутствует малое количество крупных и небольших облачных образований, вследствие чего ложное обнаружение небольшого количества облачных образований малой площади резко увеличивает значения  $\rho_{\Pi}$  и  $\rho_{\Delta}$ , фактически не сказываясь общей площади выделенной облачности  $S$  (см. рис. 2,б).

#### Сегментация затенённых участков снимка

Как было отмечено во введении, затенённые облачностью участки снижают не только визуальное качество спутникового изображения, но и оказывают мешающее действие при выполнении последующих обработок видеоданных. Непосредственное обнаружение таких участков весьма затруднительно, поскольку они не обладают уникальными фотометрическими характеристиками. Однако, после распознавания облачности для известных значений высоты и азимута Солнца, появляется возможность решения поставленной задачи.

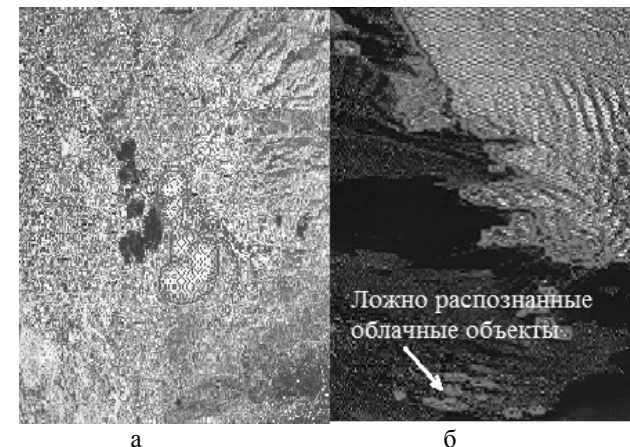


Рис. 2. Первое (а) и третье (б) контрольные изображения, отсегментированные методом  $k$ -средних с обучением

Будем считать, что изображение  $B$  геокодировано, т.е. для каждого пикселя с координатами  $(m,n)$  известны его геодезические координаты  $\phi(m,n)$ ,  $\lambda(m,n)$  и время  $t(m,n)$ . На основе этих значений, при помощи методических указаний, приведенных в [3], вычислим азимутальный угол  $\alpha_{az}$  и высоту Солнца –  $\alpha_s$ . Азимутальный угол  $\alpha_{az}$  позволяет определить относительно планарных координат снимка  $(m,n)$  направление, задающее положение отбрасываемой облаком тени. Параметры направляющего вектора зададим координатными смещениями  $\Delta m$  и  $\Delta n$ , а максимальное смещение тени относительно облачности рассчитаем как  $r = \frac{\mu H}{\tan \alpha_s}$ , где  $\mu$  – масштаб снимка,  $H$  – максимальное значение высоты облачности ( $H \leq 15000m$ ).

Тогда смещение центра облачного объекта  $B_{2i}$  относительно его тени  $(\Delta m^*, \Delta n^*)$  определим как

$$\begin{aligned} \Delta m^* &= j\Delta m, \Delta n^* = j\Delta n \\ j &= \underset{j}{\operatorname{argmin}} \frac{\frac{1}{Q_k} \sum_{(m,n) \in B_{2i}} i(m+j\Delta m, n+j\Delta n) i(m,n) - \bar{i}(m,n)\bar{i}(m+j\Delta m, n+j\Delta n)}{\sigma(m,n)\sigma(m+j\Delta m, n+j\Delta n)} \\ j &= 1, 2, \dots, J, J = \frac{r}{\sqrt{\Delta m^2 + \Delta n^2}}, \end{aligned}$$



где  $\bar{i}(m, n)$ ,  $\sigma(m, n)$  – средняя яркость и СКО пикселей облачного региона  $B_{21}$ ;  $\bar{i}(m + j\Delta m, n + j\Delta n)$ ,  $\sigma(m + j\Delta m, n + j\Delta n)$  – средняя яркость и СКО пикселей, попадающих в тень от облачного объекта.

Переместив контур облачного объекта  $B_{21}$  вдоль направляющего вектора на величину  $\Delta m^*$ ,  $\Delta n^*$ , определим затенённую область изображения  $B$ , автоматически выполнив таким образом процедуру сегментации тёмного участка.

Используя результаты сегментации улучшим визуальные характеристики изображения  $B$  путём локального контрастирования затенённых участков снимка. Отнесём пиксели, принадлежащие к затенённой области к классу  $B_0$ , а пиксели, удалённые не более, чем на  $\delta$  от её внешних границ к классу  $B_0^*$  и найдём коэффициенты яркостного преобразования вида

$$i_{mn}^* = a_0 + a_1 i_{mn}, i_{mn} \in B_0,$$

где  $i_{mn}^*$  – яркость скорректированного пикселя затенённого участка снимка.

Значение коэффициентов  $a_1$  и  $a_0$  определим по формулам:

$$a_1 = \frac{\sigma_0^*}{\sigma_0}, a_0 = \bar{i}_0^* - a_1 \bar{i}_0$$

где  $\bar{i}_0$ ,  $\sigma_0$  – средняя яркость и СКО пикселей, принадлежащих объектам класса  $B_0$ ;  $\bar{i}_0^*$ ,  $\sigma_0^*$  – средняя яркость и СКО пикселей, принадлежащих объектам класса  $B_0^*$ .

Результаты восстановления яркостной однородности изображения показаны на рис.3

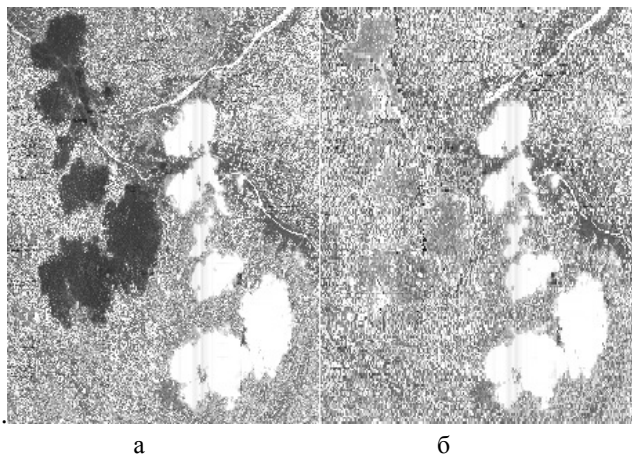


Рис. 3. Пример участка снимка с затенённой областью до (а) и после яркостной коррекции (б)



## Заключение

Практическое использование рассмотренного алгоритма сегментации на большом количестве спутниковых изображений от КА «Ресурс-ДК» показало его высокую эффективность как с точки зрения высокой надёжности распознавания облачных объектов, так и с точки зрения временных затрат. При этом работа с наличием простой процедуры обучения не вызывает затруднений у операторов программных комплексов, что очень важно при выполнении поточной обработки больших массивов видеoinформации от КА серий «Ресурс», «Канопус» и др.

## Литература

1. Р. Гонсалес, Р. Вудс. Цифровая обработка изображения. М.: Техносфера, 2005. – 1072 с.
2. Otsu, N., «A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms,» IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 9, No. 1, 1979, pp. 62-66.
3. Астрономический ежегодник на 2011 год. СПб.: Наука, 2010 – 690 с.

Н.С. Кравцова, Р.А. Парингер, А.В. Куприянов

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ВЫЯВЛЕНИЯ ИНФОРМАТИВНЫХ СЕГМЕНТОВ В СПЕКТРАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ КРИСТАЛЛОГРАММ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Анализ изображений диагностических кристаллограмм – это важная часть медицинской диагностики. Диагностические кристаллограммы – это структуры, образованные при кристаллизации солей вследствие высыхания биологической жидкости. Информация, содержащаяся в изображениях кристаллограмм, является структурно избыточной. Если на исходном изображении преобладали параллельные полосы определённого направления, тогда и на Фурье-преобразовании исходного изображения будут преобладать полосы с таким же направлением. Это свойство можно использовать для анализа кристаллограмм [1].

Если рассматривать функцию изображения в пространственной области и её преобразование Фурье  $F(u, v)$ , тогда величина  $|F(u, v)|^2$  определяет энергетический спектр изображения. Область энергетического спектра изображения можно исследовать непосредственно целиком или частично.

В данной работе рассматриваются сегментные признаки спектра, которые получаются с помощью вычисления общей энергии в каждой из областей, в соответствии с разделением, по формуле:

$$C_{r_1 r_2 \theta_1 \theta_2} = \sum_{r=r_1}^{r_2} \sum_{\theta=\theta_1}^{\theta_2} |F(r, \theta)|^2,$$





где  $r = \sqrt{u^2 + v^2}$ ,  $\theta_1$  и  $\theta_2$  – углы, ограничивающие сектор (рисунок 1).

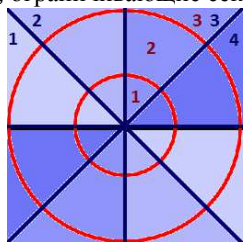


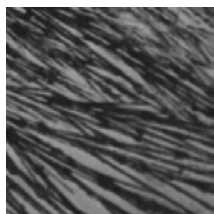
Рисунок 1 – Пример разделения изображения на сегменты

В данной работе для набора статистики используются изображения кристаллограмм слюнной жидкости. На основе визуального анализа выделено 2 класса изображений. Обучающая выборка состояла из 100 образцов размером  $256 \times 256$  пикселей, по 50 изображений из каждого класса. В качестве тестируемых изображений использовались изображения с такими же параметрами. По этим данным была произведена классификация изображений [2–4].

В данной работе описан способ выделения информативных сегментов на изображениях спектра. Оценка информативности сегментов проводилась с использованием алгоритма дискриминантного анализа. Например, для набора признаков, характеризующегося параметрами 3 кольца 4 сектора (рисунок 1), наиболее информативными будут признаки: (сектор №1, кольцо №3), (сектор №3, кольцо №3). На рисунках 2–4 изображены примеры исходных изображений классов, их спектры и наиболее информативные участки спектра.



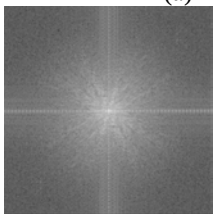
а)



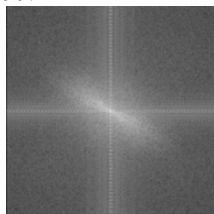
б)

Рисунок 2 – Примеры изображений из каждого класса:

(а) – класс №1, (б) – класс №2



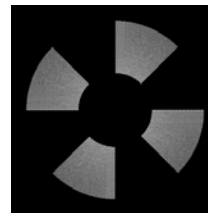
а)



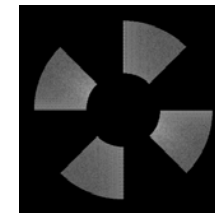
б)

Рисунок 3 – Пример изображения спектра каждого класса:

(а) – класс №1, (б) – класс №2



а)



б)

Рисунок 4 – Изображения информативных сегментов для каждого класса:

(а) – класс №1, (б) – класс №2

В данной работе описан способ выделения информативных сегментов на изображениях спектра. На основе выбранных сегментов, разработан алгоритм классификации, позволяющий снизить значение ошибки классификации.

### Литература

1. Кравцова, Н.С. Оценивание локальных признаков пространственного спектра для классификации текстурных изображений / Н.С. Кравцова, Р.А. Парингер, А.В. Куприянов // Сборник трудов международной молодёжной научной конференции «XIII Королёвские чтения» том 2. – Самара: издательство СГАУ, 2015. – С. 134-135.
2. Кравцова, Н.С. Разработка методов классификации изображений дендритных кристаллограмм на основе оценивания факторов формы пространственного спектра / Н.С. Кравцова, Р.А. Парингер, А.В. Куприянов // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015), труды Международной научно-технической конференции. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2015. – С. 74-78.
3. Кравцова, Н.С. Формирование признаков для классификации текстурных изображений на основе анализа пространственного спектра / Н.С. Кравцова, Р.А. Парингер, А.В. Куприянов // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2015): материалы Международной конференции и молодежной школы. – Самара: издательство Самарского научного центра РАН, 2015. – С. 75-78.
4. Кравцова, Н.С. Исследование алгоритмов классификации текстурных изображений на основе анализа пространственного спектра / Н.С. Кравцова, Р.А. Парингер, А.В. Куприянов // Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине – 2015: материалы Всерос. молодёж. конф. / под ред. проф. Д. А. Усанова. – Саратов: Изд-во Саратовский источник, 2015. – С. 190-193.





Н.О. Кулакова, В.В. Козлов

## ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕСТИРОВАНИЯ СТУДЕНТОВ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Уровень знаний студентов во многих вузах оценивается с помощью компьютерного тестирования. На сегодняшний день, даже поставлен вопрос о вводе специального Федерального интернет экзамена бакалавров (ФИЭБ), для проверки их профессиональной подготовки и выдачи соответствующих сертификатов с результатами.

Использование компьютерного тестирования для проверки знаний имеет ряд преимуществ, таких как надежность, высокая дифференцирующая способность, экономичность и оперативность при его проведении, а также экономия времени [1], за один академический час можно протестировать всю группу, тем самым определить уровень подготовки студентов.

Систем проверки знаний много: ФИПО, Российский портал открытого образования, многочисленные коммерческие учебные программы, которые характеризуются как достоинствами, так и недостатками. Одним из основных недостатков является дороговизна предлагаемой технологии, например, тестирование одного студента в системе ФИЭБ составляет 1200 рублей [2], если в группе 25 человек, тестирование обойдется в 30000 рублей. Кроме того, многие существующие тестовые системы зачастую не имеют требуемой гибкости, например, не ведется хронология прохождения тестов, жестко задана последовательность их прохождения, нет доступа к базе данных студентов и результатам.

Для преодоления описанных сложностей в Самарском государственном архитектурно-строительном университете (СГАСУ) разработана своя система тестирования студентов. Тест формируется динамическим образом в момент выдачи на основе заранее созданного шаблона. Система предоставляет пользователю гибкую систему для анализа проведенных тестов, которая позволяет посредством исторического предоставления результатов тестирования разрешить проблему контроля успеваемости студентов по конкретным тестам, разделам и вопросам учебного материала, осуществлять хранение списка результатов студентов по группам вопросов и разделов [3].

Программная часть выполнена на языке C++. Выбор языка обусловлен сложностью задачи и требованием высокой надежности. Программа состоит из нескольких модулей: модуль формирования шаблона вопроса, модуль тестирования, модуль администратора и дополнительные модули. Особенностью разработанной системы, выгодно отличающей ее от аналогов, является наличие встроенного языка и хранение текстов вопросов в формате HTML [4]. Это позволяет преподавателям формировать вопросы без какой-либо дополнительной подготовки.



Сейчас в созданную систему добавляется новый аналитический модуль, который позволит составить психологический профиль студента на основе результатов его тестирования по разным дисциплинам и способам прохождения им тестирований.

Алгоритм работы аналитического модуля автоматизированной информационной системы тестирования представлен на рисунке 1.

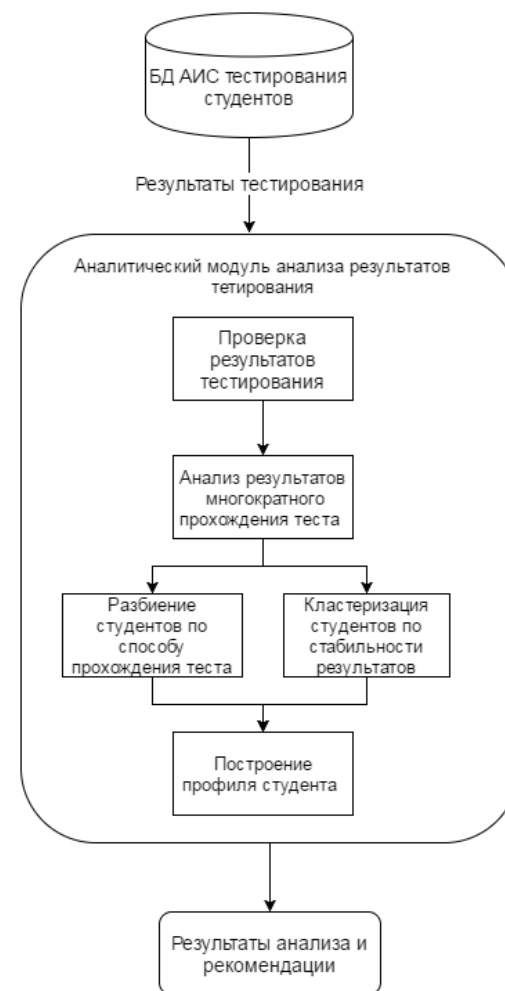


Рисунок 3 - Алгоритм работы аналитического модуля



Система тестирования используется в СГАСУ последние две сессии, это позволяет проводить исследование на большом объеме исходных данных. Исходными данными являются таблицы результатов тестирования (сеансов) студентов и детальная таблица ответа на каждый вопрос. Размер таблицы результатов составляет более 10 000 сеансов. Размер ответов на вопросы – более 350 000. Количество охваченных студентов – более 4 000, групп студентов – более 380, дисциплин – более 180, кафедр - 29.

Для построения психологического профиля студента будет построено несколько математических моделей с использованием методов:

- математического статического анализа;
- кластеризации данных;
- линейного программирования.

Результаты тестирования будут анализировать поэтапно и по нескольким характеристикам:

1. Проверка результатов тестирования.

Для оценки достоверности результатов используются методы статистического анализа.

Средняя ошибка средней арифметической величины определяется по формулу:

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (1.1)$$

где  $\sigma$  - среднеквадратическое отклонение  
n - число наблюдений

Ошибка относительного показателя определяется по формуле:

$$m = \sqrt{\frac{p \times q}{n}} \quad (1.2)$$

где p - показатель, выраженный в %.  
q = (100 - p)

При числе наблюдений меньше 30 ошибки репрезентативности определяются соответственно по формулам:

$$m = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}} \quad \text{и} \quad m = \sqrt{\frac{p \times q}{n-1}} \quad (1.3) (1.4)$$

2. Разбиение студентов и тестов на два класса: студент проходит тест один раз или многократно (тест проходится большинством студентов с первого раза или многократно).
3. Анализ результатов студентов многократно проходивших один тест за небольшой промежуток времени (в течение недели). Деление студентов на три типа: обучающийся сознательно (каждый раз результат теста увеличивается – можно предположить, что студент изучает необходимый материал), подбирающий ответы (проходит много раз, но результаты очень малы, т.к. завершает тестирование после ответа на каждый вопрос, тем самым проверяя его правильность), «рандомщик» (проходит много раз, но результаты теста колеблются в небольшом диапазоне).



4. Кластеризация группы студентов по типам и исследование стабильности состава кластеров на различных дисциплинах и по нескольким сессиям методом кластеризации К-средних по формуле:

$$P = n * k * l \quad (1.5)$$

где n - начальное нечеткое разбиение, k – число кластеров, l – число итераций.

5. Анализ студента на склонность к классу дисциплин: гуманитарий, ОПД, специальные дисциплины. Следовательно, деление студентов на универсалов и узких специалистов.
6. Содержательные выводы по подготовленности студентов и рекомендации для соответствующих кафедр и деканатов на основе анализа распределений по кафедрам и деканатам соответственно.

Глубокий анализ результатов тестирования студентов позволит увидеть более подробную картину уровня знаний студентов, усваивания ими материала, навыков самообучения, склонностей к различным дисциплинам. Эта данные позволят скорректировать организацию учебного процесса в дальнейшем, что должно улучшить качество подготовки специалистов.

### Литература

1. Козлов В.В. Контроль самостоятельной работы студента с помощью тестирования //В сборнике: Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Строительные технологии сборник статей. под ред. М.И. Бальзаникова, К.С. Галицкова, А.К. Стрелкова; Самарский государственный архитектурно-строительный университет. Самара, 2015. С. 498-503.
2. Федеральный Интернет экзамен для выпускников бакалавриата [Электронный ресурс]: URL: <http://bakalavr.i-exam.ru/> (дата обращения: 5.03.2016).
3. Козлов В.В. О центре тестирования СГАСУ// В сборнике: Традиции и инновации в строительстве и архитектуре. Социально-гуманитарные и экономические науки. Сборник статей. Самарский государственный архитектурно-строительный университет. Самара, 2015. С. 189-192.
4. Козлов В.В., Лошкарев Н.В. Разработка программных средств для исторического анализа данных в тестирующей системе на основе концепции OLAP// Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика. Материалы 63 й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР за 2005г. / Под редакцией д.т.н., профессора Чумаченко Н.Г.Самара: СГАСУ, 2006. 423 с.



И.В. Леонова, С.А. Ляшева

## ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ПРОГНОЗИРОВАНИИ ХАРАКТЕРИСТИК БЫСТРОПРОТЕКАЮЩИХ ПРОЦЕССОВ

(ФГБОУ ВО Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева – КАИ)

При решении научных и технических проблем значительную роль играют вопросы исследования быстропротекающих процессов. Экспериментальные способы исследования процессов такого рода, как правило, дороги, а зачастую вообще не осуществимы. В этих условиях особое значение приобретает выполняемый с использованием компьютера вычислительный эксперимент, который позволяет анализировать состояния и процессы исследуемых объектов на основании расчетно-теоретических представлений.

Искусственные нейросети являются моделями нейронной структуры мозга, который, главным образом, учится на опыте. Базовый модуль нейронных сетей - искусственный нейрон - моделирует основные функции естественного нейрона (рис. 1).

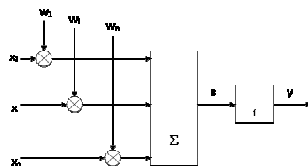


Рис. 1. Базовый искусственный нейрон

При функционировании нейрон получает множество входных сигналов одновременно. Каждый вход имеет свой собственный синаптический вес, который влияет на него и необходим для функции сумматора. Вес является мерой важности входных связей и моделирует поведение синапсов биологических нейронов. Веса могут изменяться в соответствии с обучающими примерами, архитектурой сети и правилами обучения.

В настоящее время для прогнозирования с помощью нейронных сетей можно использовать различные инструментальные средства: NeuralBase, Deductor Studio, STATISTICA, Excel Neural Package [4, 5].

В данном исследовании использовалась аналитическая платформа Deductor Studio компании BaseGroup Labs. Основным преимуществом данного программного обеспечения является визуальное проектирование логики без написания кода, а также документация и техническая поддержка на русском языке.

С помощью пакета Deductor Studio осуществлена попытка прогнозирования энтальпии образования ВВ. Энтальпией образования называется однозначная функция  $H$  состояния термодинамической системы при независимых пара-



метрах энтропии  $S$  и давлении  $p$ , которая связана с внутренней энергией  $U$  соотношением

Энтальпия системы (от греч. enthalpo нагреваю) – это однозначная функция  $H$  состояния термодинамической системы при независимых параметрах энтропии  $S$  и давлении  $p$ , которая связана с внутренней энергией  $U$  соотношением

$$H = U + pV$$

где  $V$  – объем системы. [1]

В химии рассматривают изобарические процессы ( $p = \text{const}$ ), и тепловой эффект в этом случае называют изменением энтальпии системы или энтальпией процесса:

$$Q_p = \Delta H$$

$$\Delta H = \Delta U + p\Delta V$$

Стандартная энтальпия образования  $\Delta H^\circ_{\text{обр}}$  – тепловой эффект реакции образования одного моля вещества из простых веществ, его составляющих, находящихся в устойчивых стандартных состояниях (при стандартных условиях  $p = 101,325 \text{ кПа}$ ,  $T = 298 \text{ К}$ ).

Энтальпия имеет размерность энергии (кДж). Ее величина пропорциональна количеству вещества; энтальпия единицы количества вещества (моль) измеряется в кДж/моль (в исследовании энтальпия образования измерялась в ккал/кг).

В термодинамической системе выделяющуюся теплоту химического процесса условно считают отрицательной (экзотермический процесс,  $\Delta H < 0$ ), а поглощение системой теплоты соответствует эндотермическому процессу,  $\Delta H > 0$ .

Для прогнозирования энтальпии образования сформирована база данных, в которую вошли следующие характеристики: количество углерода  $C$ , водорода  $H$ , кислорода  $O$  и азота  $N$  в составе высокоэнергетических веществ, молярная масса вещества, плотность, теплота взрыва, теплота образования, объем продуктов взрыва и энтальпия образования высокоэнергетических веществ (определенная экспериментально). Для обучения, настройки и валидации работы нейросети использовались данные 39 высокоэнергетических веществ. Часть исходных данных приведена в таблице 1.

Таблица 1

| ВВ                             | количество |    |   |    | молярная масса, г/моль | плотность, г/см <sup>3</sup> | теплота взрыва, МДж/кг | теплота образования, ккал/кг | объем продуктов взрыва, л/кг | энтальпия образования, ккал/кг |
|--------------------------------|------------|----|---|----|------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------------|
|                                | C          | H  | O | N  |                        |                              |                        |                              |                              |                                |
| Тетразен                       | 2          | 8  | 1 | 10 | 188,15                 | 1,635                        | 2,3                    | 270,2                        | 425                          | 240,2                          |
| Гексаметиленetriпероксиддиамин | 6          | 12 | 6 | 2  | 208,17                 | 1,3                          | 3,29                   | -384,3                       | 1097                         | -413,7                         |
| ДНБ                            | 6          | 4  | 4 | 2  | 164,077                | 1,567                        | 3,43                   | -21,1                        | 670                          | -38,7                          |
| ТНБ                            | 6          | 3  | 6 | 3  | 213,0825               | 1,688                        | 4,45                   | 42,23716166                  | 711                          | -48,8                          |
| тротил                         | 7          | 5  | 6 | 3  | 227,13                 | 1,663                        | 4,19                   | -17,8                        | 730                          | -70,6                          |
| 2,4,6-Тринитроксилол           | 8          | 7  | 6 | 3  | 241,2                  | 1,604                        | 4,06                   | -82,1                        | 700                          | -101,7                         |
| 2,4,6-Тринитроанизол           | 7          | 5  | 3 | 7  | 243,1305               | 1,708                        | 3,66                   | -131                         | 740                          | -150,6                         |
| ТНФ                            | 6          | 3  | 7 | 3  | 229,1                  | 1,763                        | 4,4                    | -51,7                        | 730                          | -259,3                         |
| Пикрат аммония                 | 6          | 6  | 7 | 4  | 246,14                 | 1,717                        | 3,36                   | -381,8964817                 | 680                          | -375,4                         |



Разработка нейронной сети средствами Deductor Studio начинается с импорта исходных данных. Далее необходимо задать входы и выходы системы, а также нормализовать данные в определенном диапазоне.

В основу входного слоя нейросети помещены данные, находящиеся в интервале столбцов таблицы со второго по десятый (Таблица 1), в последнем столбце находятся данные выходного слоя. Нормализация данных проводилась в диапазоне [-1; 1].

На следующем этапе была разработана структура нейронной сети – определены передаточные функции и количество нейронов для скрытого слоя. Исходя из условных правил построения нейронных сетей (количество связей между нейронами должно быть в несколько раз меньше, чем количество обучающих примеров) в скрытом слое выделен один нейрон. Структура сети представлена на рис. 2.

Перед началом обучения сети были заданы параметры его остановки, а также тестовое и валидационное множество.

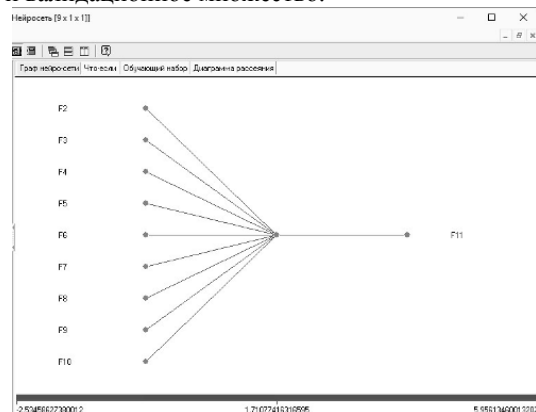


Рис. 2. Структура нейронной сети

Опытным путем установлено, что при указанной структуре сети (рис.2) оптимальным временем обучения является 15000 эпох [2, 3].

Прогнозирование энтальпии образования высокоэнергетических веществ на тестовом и валидационном множествах показывает, что нейронная сеть выдает результаты, с некоторой ошибкой, в основном не превышающей доверительный интервал. Данные, полученные в результате прогнозирования, частично представлены на рис. 3 в столбце «F11\_OUT» (на белом фоне таблицы располагаются примеры из обучающего множества данных; на светло-сером – из тестового множества; на темно-сером – из валидационного).

Пакет Deductor Studio позволяет также отследить полученные результаты в графическом виде на «Диаграмме рассеяния» (рис. 4), которая создается автоматически. Здесь окружностями выделены экспериментальные значения энтальпии образования, а черными кружками – спрогнозированные. Есть не-



сколько режимов просмотра диаграммы, в зависимости от интересующего множества данных. На рис. 4 представлены все три множества: обучающее, тестовое, валидационное. Все точки, не вошедшие в доверительный интервал (за исключением одной на отметке [-289; -1050], она относится к тестовому множеству), относятся к обучающему множеству.

| F1                     | F2 | F3 | F4 | F5 | F6       | F7    | F8    | F9           | F10  | F11          | F11_OUT           | F11_ERR              |
|------------------------|----|----|----|----|----------|-------|-------|--------------|------|--------------|-------------------|----------------------|
| Тетрамин               | 2  | 8  | 1  | 10 | 188.15   | 1.635 | 2.3   | 270.2        | 425  | 240.2        | 137.8562594166    | 0.00552951034594721  |
| Гексаметилендиризоксид | 6  | 12 | 6  | 2  | 208.17   | 1.3   | 3.29  | -384.3       | 1097 | -413.7       | -419.962621249609 | 2.06245158345039E-5  |
| ДНБ                    | 6  | 4  | 4  | 2  | 164.077  | 1.567 | 3.43  | -21.1        | 670  | -38.7        | -58.6624894541241 | 0.000209556370106669 |
| ТНБ                    | 6  | 3  | 6  | 3  | 213.025  | 1.688 | 4.45  | 42.23716166  | 711  | 48.8         | -45.1807806409181 | 6.8881291311836E-6   |
| Триол                  | 7  | 5  | 6  | 3  | 227.13   | 1.663 | 4.19  | -17.8        | 730  | -70.6        | -60.740568677235  | 5.40749453275501E-5  |
| 2,4,6-Тринитроксиол    | 8  | 7  | 6  | 3  | 241.2    | 1.604 | 4.06  | -82.1        | 700  | -101.7       | -94.8289325299362 | 2.48268163430767E-5  |
| 2,4,6-Тринитроаннол    | 7  | 5  | 3  | 7  | 243.1305 | 1.708 | 3.66  | -131         | 740  | -150.6       | -52.92360893275   | 0.00501707596759779  |
| ТНФ                    | 6  | 3  | 7  | 3  | 229.1    | 1.763 | 4.4   | -51.7        | 730  | -259.3       | -161.900380340009 | 0.004988682027425    |
| Пироксиданол           | 6  | 6  | 7  | 4  | 246.14   | 1.717 | 3.36  | -381.8964817 | 680  | -375.4       | -424.510547637544 | 0.00126829716505873  |
| 3ДНА                   | 2  | 6  | 4  | 4  | 191.04   | 1.75  | 5.36  | 32.89        | 908  | 39.48        | -21.2447436105257 | 0.00193911179164533  |
| нитроанилин            | 6  | 8  | 18 | 6  | 452.0954 | 1.8   | 6.09  | -336.2       | 723  | -357.2       | -221.741942146389 | 0.00564887445809811  |
| Тетранитрометан        | 1  | 0  | 8  | 4  | 196.033  | 1.64  | 1.915 | 65           | 670  | 46.9         | 41.5289577467578  | 1.517010654071E-5    |
| Нитрат гуанидина       | 1  | 6  | 3  | 4  | 122.084  | 1.436 | 1.87  | -726.1       | 896  | -761.7705842 | -737.891393572948 | 0.000298954570343774 |

Рис. 3. Спрогнозированные значения энтальпии образования ВВ

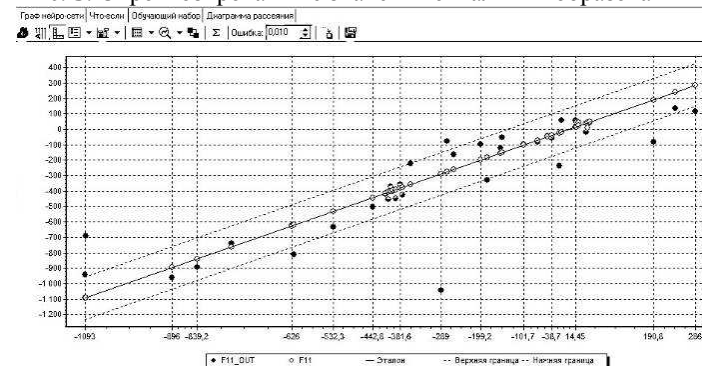


Рис. 4. Диаграмма рассеяния

Диаграмма рассеяния (рис.4) показывает адекватность разработанной нейронной сети. Ошибок обучения сети можно избежать, если увеличить количество эпох обучения, однако из-за малого набора исходных данных нейросеть «переобучается» и как следствие становится не способной прогнозировать адекватные результаты для других высокоэнергетических веществ. Для получения более точных результатов прогноза необходимо экспериментировать с входным набором аргументов и увеличить базу данных.

Все данные для исследования были взяты из справочной литературы [1].

## Литература

1. Пироправка [Электронный ресурс] / Справочник по взрывчатым веществам, порохам и пиротехническим составам. Издание 6 – Режим доступа <http://www.exploders.info/sprawka/>



2. Ляшева, С.А. Нейросетевое прогнозирование параметров быстропротекающих процессов / С.А. Ляшева, О.Д. Гришина // Информационные технологии и нанотехнологии (ИТНТ-2015). [Электронный ресурс]: материалы Международной конференции и молодежной школы. - Электрон. текстовые и граф. дан. (4,2 Мбайт). - Самара, Изд-во СамНЦ РАН, 2015. - 1 эл. опт. диск (CD-ROM). 2015. – С.179-182.

3. Спицин, А.Н. Автоматизированная система прогнозирования параметров быстропротекающих процессов с использованием искусственной нейронной сети / А.Н. Спицин, С.А. Ляшева // Прогрессивные технологии и процессы [Текст]: Сборник научных статей 2-й Международной молодежной научно-практической конференции (24-25 сентября 2015 года), в 3-х томах, Том 3, Юго-Зап. гос. ун-т., ЗАО «Университетская книга», Курск, 2015.- С.55-57.

4. Ляшева, С.А. Прогнозирование скорости детонации индивидуальных взрывчатых веществ с использованием нейронной сети / С.А. Ляшева, М.П. Шлеймович, А.П. Кирпичников, А.Н. Спицин // Вестник Казанского технологического университета: Т. 18 №15; М-во образ. и науки Рос, Казан.нац.исслед.технолог.ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2015. – С.226-230.

5. Ляшева, С.А. Нейросетевое прогнозирование фугасности индивидуальных взрывчатых веществ / С.А. Ляшева, М.П. Шлеймович, А.П. Кирпичников, О.Д. Гришина // Вестник Казанского технологического университета: Т. 18 №17; М-во образ. и науки Рос, Казан.нац.исслед.технолог.ун-т. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2015. – С.171-174.

И.А. Лёзин, Р.П. Селянко

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФИНАНСОВЫХ КОТИРОВОК РАДИАЛЬНО-БАЗИСНОЙ СЕТЬЮ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Целью данной работы является изучение возможностей нейронных сетей для прогнозирования финансовых котировок, проектирование и реализация системы данных на основе модели радиально-базисной сети с одним скрытым слоем для исследования работы данного вида сети, сравнение полученных результатов при различных настройках параметров сети.

Применительно к задачам прогнозирования в качестве исходной информации выступает набор данных (векторов), которые нужно распознать. Назовем этот набор  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_{N_p}\}$ . Каждый вектор  $x_i, i=1, \dots, N_p$  состоит из  $p$  элементов. Где элементами вектора являются некие переменные. Таким образом, каждый вектор  $x_i$  представляет собой точку в  $p$ -мерном пространстве [1].

Для упрощения задачи будем рассматривать двухмерное пространство: плоскость, представленную осями  $x$  и  $y$ . Ось  $x$  представляет набор временных промежутков наблюдаемого объекта. Ось  $y$  – ось значений, которые принимает



наблюдаемый объект. Значит, нейронная сеть математически может быть представлена в виде графа, причем необязательно полносвязного, который состоит из множества узлов и множества взвешенных ребер, означающих связи между узлами. Под весом будем понимать скалярную величину, определяемую разностью значений наблюдаемого объекта в соседних временных промежутках. Значение веса ребра соответствует значению некоторой определенной величины. Тогда целевая функция будет выглядеть как  $f(X) = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$ , которая способна не только интерполировать, но и экстраполировать данные. Целевая функция будет представлять собой прямую, аналогичную аппроксимирующей прямой, вычисляемой методом наименьших квадратов. Задача прогнозирования в данном случае будет сводиться к вычислению критерия зависимости между исследуемыми величинами: поданными на вход и ожидаемым известным значением.

Структура радиально-базисной сети представлена на рисунке 1 [2].

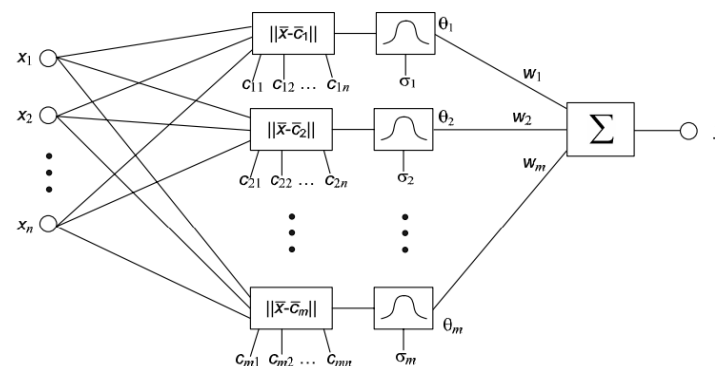


Рисунок 1 – Обобщенная структура радиально-базисной сети

Сеть состоит из двух слоев. Входные сигналы поступают на элементы первого слоя без изменений. На нём использованы обозначения:  $p$  – количество элементов в первом слое;  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – входные сигналы;  $m$  – количество элементов во втором слое;  $c_{i1}, c_{i2}, \dots, c_{in}$  – координаты центра  $i$ -го элемента;  $\sigma_i$  – ширина радиальной функции  $i$ -го элемента;  $\theta_i$  – выходной сигнал  $i$ -го элемента;  $w_i$  – весовой коэффициент выходной связи  $i$ -го элемента;  $y$  – выходной сигнал сети.

Выходной сигнал каждого элемента определяется функцией Гаусса:

$$\theta = \exp\left(-\frac{\sum_{j=1}^n (x_j - c_{ij})^2}{2\sigma_i^2}\right)$$

Выходной сигнал нейронной сети вычисляется как

$$y = \sum_{i=1}^m w_i \theta_i$$

Для обучения нейронной сети используется алгоритм обратного распространения ошибки, основанный на минимизации целевой функции ошибки сети. В соответствии с этим алгоритмом для каждого элемента вычисляются ве-



личины изменений весового коэффициента  $\Delta w_i$ , ширины элемента  $\Delta \sigma_i$  и координат центра элемента  $\Delta c_{ij}$ .

Обучение сети проводится в два этапа: На первом этапе предъявляется обучающий пример, а затем рассчитываются значения сигналов выходных нейронов сети и значение целевой функции. На втором этапе минимизируется значение этой функции.

Подбор значений параметров можно осуществлять, используя градиентные методы оптимизации независимо от объекта обучения – будь то вес или центр.

В рамках работы была исследована зависимость СКО от постоянной обучения (при следующих параметрах обучения):

- тестовая выборка – 365 значений котировок золота за 2012 год; число итераций обучения 1000;
- момент  $m = 0,1$ ;
- скрытый слой – 10 нейронов.

Исследования проводились на финансовых котировках, взятых из открытых источников, таких как мировые биржи и Центробанк РФ.

Таблица 1 – Зависимость ошибки от коэффициента обучения

| Коэффициент обучения | СКО    |
|----------------------|--------|
| 0,005                | 1,7562 |
| 0,01                 | 1,3489 |
| 0,02                 | 0,8141 |
| 0,03                 | 0,6601 |
| 0,04                 | 0,4248 |
| 0,05                 | 0,4538 |
| 0,06                 | 0,3516 |
| 0,08                 | 0,2913 |
| 0,1                  | 0,2873 |
| <b>0,2</b>           | 0,1420 |
| 0,3                  | 0,3860 |
| 0,4                  | 0,2457 |
| 0,6                  | 0,1918 |
| 0,8                  | 0,5772 |

Исследуем зависимость СКО тестирования от значения момента при следующих параметрах обучения:

- тестовая выборка – 365 индексов; число итераций обучения 1000;
- постоянная обучения  $\eta = 0,3$ ;
- нейронов в скрытом слое – 10.

Результат изменения значения момента представлен в таблице 2.

Оптимальная конфигурация сети для поставленной задачи прогнозирования оказалась следующая: число нейронов в скрытом слое – 18, коэффициент обучения – 0,3, а момент – 0,03. Проведённые исследования показали, что радиально базисная нейронная сеть эффективно решает задачу прогнозирования финансовых котировок.



Таблица 2 – Зависимость ошибки от значения момента

| Значение момента | СКО            |
|------------------|----------------|
| 0,01             | 0,27450        |
| <b>0,03</b>      | <b>0,22336</b> |
| 0,05             | 0,38732        |
| 0,1              | 0,25634        |
| 0,3              | 0,48815        |
| 0,5              | 0,59241        |
| 0,7              | 0,85631        |
| 0,9              | 0,96661        |

### Литература

1. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст]/ С.Осовский. – М.: Финансы и статистика, 2002 – 344 с.
2. Солдатова, О.П. Курс лекций по дисциплине «Интеллектуальные системы» [Электронный ресурс]/О.П.Солдатова.– СГАУ, 2014. – 164 с.

И.А. Лёзин, А.В. Соловьев

### СЖАТИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Сжатие изображений является одной из актуальных задач, решаемых информационно-вычислительными системами. Сжатие способствует экономии ресурсов памяти, требуемых для хранения изображений, или сокращению трафика при их передаче.

Существует немало детерминированных алгоритмов, в той или иной степени отвечающих различным требованиям области, в которой они применяются. Например, JPEG хорошо подходит для сжатия фотографий, реалистичных картин; RLE эффективен при сжатии схематичных рисунков, содержащих блоки пикселей одного и того же цвета; для сжатия изображений "в векторе" обычно используется алгоритм Хаффмана. Все эти алгоритмы не универсальны, так как разработаны для работы с изображениями определенного рода. Качество алгоритма сжатия можно определить как степень достижения компромисса между противоречивыми требованиями к нему: быстродействие (в т. ч. возможность "распараллеливания" процесса), минимальные потери значимой информации, степень сжатия изображения, универсальность (применимость к различным типам изображений).

Таким образом, поиск новых технологий и средств сжатия изображений по сей день является актуальной задачей. В данной работе рассмотрена искусственная нейронная сеть многослойный персептрон [2]. Целью работы является сравнение способностей к сжатию различных видов нейронной сети выбранной





модели. Виды будут отличаться структурой сети (количеством и составом скрытых слоев) и методом обучения.

Для решения поставленной задачи создана автоматизированная система, предоставляющая пользователю возможность определить структуру нейронной сети, обучающую выборку и метод обучения. После обучения сети система сможет представить отчет о ходе обучения. В этом отчете будет содержаться информация о количестве и длительности циклов обучения, а также итоговые СКО и PNSR [1]. Последние отражают среднеквадратичное отклонение и Пиковое отношение сигнала к шуму соответственно. PNSR определяется следующим образом:

$$PNSR = 10 \lg \left( \frac{MAX_I^2}{CKO} \right) = 20 \lg \left( \frac{MAX_I}{\sqrt{CKO}} \right),$$

где  $MAX_I$  – это максимальное значение, принимаемое пикселем изображения. Когда пиксели имеют разрядность 8 бит,  $MAX_I = 255$ .

Для обучения сети в системе реализованы три способа: алгоритм обратного распространения ошибки [2], алгоритм имитации отжига [3] и метод наискорейшего спуска [4].

На рисунке 1 представлена диаграмма вариантов использования (UML – Use Case Diagram [5]) разработанной автоматизированной системы.

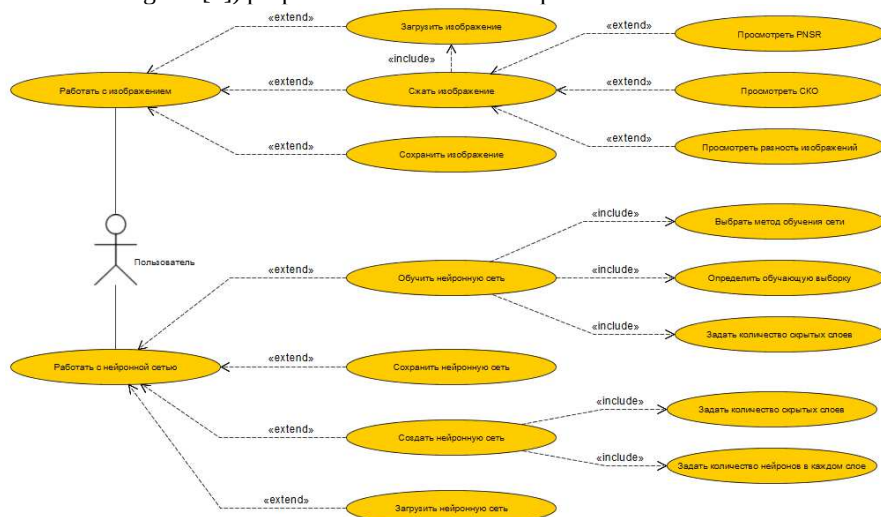


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

## Литература

1. Пиковое отношение сигнала к шуму [Электронный ресурс].– URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Пиковое\\_отношение\\_сигнала\\_к\\_шуму](https://en.wikipedia.org/wiki/Пиковое_отношение_сигнала_к_шуму)(дата обращения 25.02.2016).



2. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации [пер. с польского И.Д. Рудинского]. М.: Финансы и статистика, 2002. 344с.

3. Алгоритм имитации отжига [Электронный ресурс].– URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритм\\_имитации\\_отжига](https://ru.wikipedia.org/wiki/Алгоритм_имитации_отжига) (дата обращения 15.02.2016).

4. Хайкин С. «Нейронные сети. Полный курс.» – Москва Издательство «Дом Вильямс», 2006. – 1102 с.:

5. Диаграмма вариантов использования (Use Case Diagram) [Электронный ресурс]. <http://www.info-system.ru>(дата обращения 10.02.2016).

И.В. Лёзина, Б.Н. Дубинин

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА «СЕМАНТИЧЕСКАЯ КАПЧА»

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Благодаря развитию всех областей информатики и машинного обучения, отличить честных пользователей сети «интернет» от зловредных, рассылающих спам программ-ботов становится сложнее с каждым днем. Для борьбы с ботами используются капчи.

Существуют различные виды капч. В работе[1] был описан наиболее часто применяемый вариант – ввод символов с изображения. Но у данного варианта имеется существенный недостаток – сложность ввода искаженных символов в составе тестового изображения.

Для решения данной проблемы была разработана система генерации семантической капчи, в основе которой лежит исследование университета Ноттинггема[2].

Основным элементом теста, генерируемого системой, является слово, имеющее смысл для языка пользователя. В слове зафиксирована первая, последняя и некоторые промежуточные буквы. Остальные буквы случайным образом перемешаны. Пользователь системы, путем перемещения букв должен составить верное слово.



Рисунок 1 – Семантическая капча

На рисунке 1 отображен сгенерированный автоматизированной системой тест. Для людей составление верного слова не займет много времени, но для компьютера это почти невыполнимая задача.

Система реализована в виде веб-сервиса. Поддерживается встраивание на сайты пользователей. Ведётся статистика по количеству добросовестных





пользователей и зловредных программ. Панель управления администратора системы представлена на рисунке 2.

На рисунке 3 отображена диаграмма вариантов использования для пользователя и администратора.

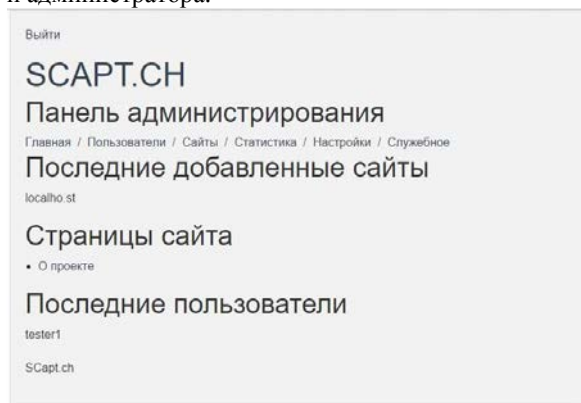


Рисунок 2 – Общий вид панели администратора системы

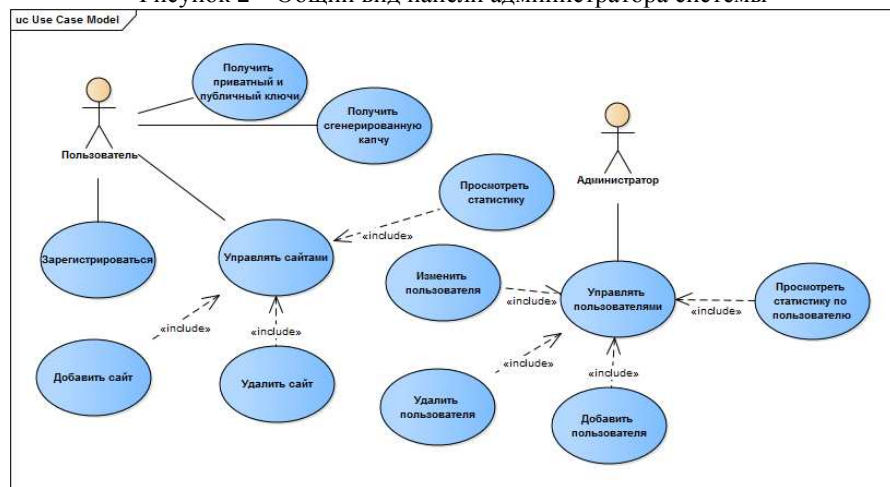


Рисунок 3 – Диаграмма вариантов использования

### Литература

1. Лёзина И.В. Автоматизированная система генерации капчи / И.В. Лёзина, Б.Н. Дубинин // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015): труды Международной научно-технической конференции, том 1 / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2015, с.84-85.



2. The Significance of Letter Position in Word Recognition [Электронный ресурс] // <http://www.mrc-cbu.cam.ac.uk/personal/matt.davis/Cmabrigde/rawlinson.html>

Д.О. Мавричев

### СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СТРАТЕГИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ СТУДЕНТОВ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

В последние несколько лет одной из важнейшей задачи высшего профессионального образования являлась подготовка специалистов, обладающими глубокими знаниями, умениями и навыками, способных ввести активную инновационную и научно-исследовательскую деятельность. Для достижения этой цели в Министерстве образования и науки Российской Федерации была утверждена концепция развития научно-исследовательской и инновационной деятельности в учреждениях высшего профессионального образования Российской Федерации на период до 2015 года [1, с. 1]. В ней формулируются основные направления и идеи повышения эффективности вклада вузов в технологическую модернизацию реального сектора экономики Российской Федерации через развитие их научно-исследовательской и инновационной деятельности.

Одним из университетов выполняющих подготовку таких специалистов является Самарский государственный архитектурно-строительный университет. Именно там, на кафедре информационных и развивающих образовательных систем и технологий (далее - ИРОСТ) еще с 90-ых годов прошлого века, под руководством С.А. Пивского, д.т.н., профессор, зав. кафедрой ИРОСТ, началась работа по разработке способа моделирования исследовательской деятельности студентов. В основе модели лежит утверждение о том, что исследовательские способности включают четыре компонента: интеллект, креативность, квалификацию и мотивацию, из которых две первые, начиная с возраста 15-16 лет, уже не подлежат изменениям. Что же касается квалификации и мотивации, то они динамичны и могут изменяться, причем исследовательская квалификация формируется исключительно в процессе целостной исследовательской деятельности личности. В соответствии с этой гипотезой, количественными показателями, описывающими научную квалификацию личности, являются характеристики ее способности реализовывать основные элементы исследовательской деятельности, а именно девять функций исследовательской деятельности [2, с. 83]:

1. Поиск тематики.
2. Постановка и формализация темы исследования.
3. Формирование идеи и плана решения.
4. Выбор, освоение и реализация необходимого обеспечения.



5. Реализация отдельных элементов исследования.
6. Синтез решения.
7. Оформление решения.
8. Ввод в научный обиход, защита и сопровождение решения.
9. Внутренний критический анализ решения.

В результате многолетних исследований был предложена модель формирования исследовательской деятельности студентов, основателем которой является С.А. Пиявский. Задача математической модели состоит в том, чтобы описать развитие исследовательской деятельности студентов за время их обучения на факультете.

Функция расчета исследовательской деятельности студентов выглядит так:

$$\frac{dx_i}{dt} = \beta_i x_i (1 - x_i) \theta_i M C_i, \quad x_i(0) = x_0. \quad (1)$$

где:  $i$  – номер функции исследовательской деятельности (от 1 до 9),

$\beta_i$  – коэффициенты возрастания  $i$ -ой функции,

$x_i$  – значение  $i$ -ой функции,

$\theta_i$  – оптимизируемый параметр,

$M$  – уровень мотивации личности,

$C_i$  – коэффициенты значимости  $i$ -ой функции.

При развитии исследовательских способностей студентов коэффициенты этой модели постоянно изменяются, причем наиболее динамичным является мотивация. Для описания этого изменения было введено дифференциальное уравнение, описывающее изменение мотивации личности при развитии исследовательских способностей личности:

$$\frac{dM}{dt} = (\alpha_0 + \sum_{i=1}^9 \alpha_i \theta_i M) (M_{max} - M), \quad M(0) = M_0. \quad (2)$$

где:  $i$  – номер функции исследовательской деятельности (от 1 до 9),

$\alpha_0, \alpha_i$  – коэффициенты формирования мотивации,

$\theta_i$  – оптимизируемый параметр,

$M$  – уровень мотивации личности,

$M_{max}$  – максимальный уровень мотивации личности.

При этом модель должна отражать следующие ограничения:

$$\begin{aligned} 0 &\leq \theta_i \leq 1, \\ \sum_{i=1}^9 \theta_i &= 1, \\ \sum_{i=1}^9 C_i &= 1. \end{aligned}$$

Таким образом, итоговая функция поиска оптимального развития исследовательской деятельности при поиске оптимальных значений  $\theta$  выглядит так:

$$\frac{dM}{dt} = (\alpha_0 + \sum_{i=1}^9 \alpha_i \theta_i M) (M_{max} - M) \rightarrow max. \quad (3)$$

Данная была модель внедрена на кафедре ИРОСТ в 2008 году.

Недавно было проведено исследование динамики изменения коэффициентов  $\alpha_i$ , отражающих влияние вида деятельности на мотивацию. Анализ характера изменения значений этих коэффициентов в процессе обучения показал, что



всех студентов можно разделить по типам личности на три группы: стабильные, динамические, хаотичные.

В стабильную группу попали студенты, которых можно назвать целеустремленными, т.к. они имеют стабильные результаты теста каждый семестр. Относительная ковариация результатов теста не должна превышать пороговое значение 0,5 включительно.

В динамическую группу можно отнести студентов, относительная ковариация результатов теста которых находится в промежутке между 0,5 ед. и 0,9 ед.

В хаотичную группу попали студенты, которых условно можно назвать нецелеустремленными, т.к. они имеют нестабильные результаты. Т.е. относительная ковариация результатов превышает пороговое значение 0,9.

Распределение студентов по функциям исследовательской деятельности и типам личности показано в таблице 1.

Таблица 1 - Распределение студентов по функциям исследовательской деятельности и типам личности

| Краткое название функции исследовательской деятельности | Процент студентов, относящихся к различным типам личности |              |           |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------|-----------|
|                                                         | Стабильный                                                | Динамический | Хаотичный |
| 1. Поиск                                                | 11                                                        | 7            | 82        |
| 2. Постановка                                           | 21                                                        | 16           | 63        |
| 3. Идея                                                 | 16                                                        | 14           | 70        |
| 4. Подготовка                                           | 27                                                        | 20           | 54        |
| 5. Реализация                                           | 25                                                        | 20           | 55        |
| 6. Синтез                                               | 25                                                        | 21           | 54        |
| 7. Оформление                                           | 18                                                        | 25           | 57        |
| 8. Внедрение                                            | 14                                                        | 16           | 70        |
| 9. Самокритика                                          | 16                                                        | 23           | 61        |

В результате были определены опорные значения коэффициентов математической модели и степень из разброса. В таблице 2 показаны данные для коэффициентов, отражающих влияние вида исследовательской деятельности на мотивацию.

Таблица 2 - Опорные значения коэффициентов по функциям исследовательской деятельности и типам личности

| Краткое название функции исследовательской деятельности | 1. Поиск | 2. Постановка | 3. Идея | 4. Подготовка | 5. Реализация | 6. Синтез | 7. Оформление | 8. Внедрение | 9. Самокритика |
|---------------------------------------------------------|----------|---------------|---------|---------------|---------------|-----------|---------------|--------------|----------------|
| Стабильная                                              | 28,5     | 53,3          | 41,9    | 63,0          | 60,3          | 48,5      | 48,7          | 50,9         | 44,4           |
| Динамическая                                            | 35,3     | 52,0          | 35,8    | 51,6          | 52,9          | 41,8      | 47,2          | 37,3         | 48,7           |
| Хаотичная                                               | 17,2     | 18,5          | 12,4    | 17,3          | 16,1          | 18,6      | 11,9          | 8,9          | 18,2           |



Выявленные структуры типа личности будут использованы для оптимизации стратегий формирования научных способностей личности с использованием разрабатываемой информационной системой моделирования.

### Литература

1. Концепция развития научно-исследовательской и инновационной деятельности в учреждениях высшего профессионального образования Российской Федерации на период до 2015 года. 2011, 10 с.
2. Пивавский С.А. Исследовательская деятельность студентов в инновационном вузе. Самара, 2010, 294 с.

А.В.Манухин, И.А.Лёзин

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АППРОКСИМАЦИИ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ СЕМЕЙСТВОМ ЯДЕРНЫХ ФУНКЦИЙ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

### Постановка задачи

Основная задача разрабатываемого программного комплекса – аппроксимация плотности вероятности посредством семейства ядерных функций.

### Введение

Исследование параметров различных объектов часто дает результат в виде больших массивов однородной информации, являющихся результатом многократных повторений одного и того же эксперимента. Объем результирующей выборки очень велик, а полученные значения содержат некоторую погрешность. В условиях конкретной задачи не всегда удается получить функцию плотности.

Для решения задач аппроксимации существует ряд программных комплексов: MathLab, MathCad, пакет Mathematica, однако они не имеют в своем составе встроенных функций, позволяющих проводить аппроксимацию ядерными функциями [1].

### Методы решения

Задача аппроксимации плотности распределения вероятности решается с помощью гистограммных методов, методов ядерных оценок, методов, основанных на аппроксимации плотности вероятности смесью базисных функций, например, ортогональными разложениями [2]. В данной работе реализована ядерная аппроксимация плотности вероятности.

Ядерная оценка плотности имеет вид [3]:

$$\tilde{f}_h(t) = \frac{1}{Nh} \sum_{i=1}^N K\left(\frac{t-x_i}{h}\right)$$



где  $K(u)$  – ядерная функция  
 $h$  – коэффициент масштаба, влияющий на точность аппроксимации. При неудачном выборе значения  $h$  оценка будет иметь большое смещение по отношению к истинной плотности или слишком большую дисперсию. В данной работе при выборе  $h$  используется оценка предложенная Сильверманом (Silverman'sruleofthumb) [4]:

$$h = 0.9 \cdot A \cdot n^{-\frac{1}{5}}$$

где  $A$  – наименьшее из значений стандартного отклонения последовательности и интерквартильного диапазона последовательности, деленного на 1.34.

Достоинством данного алгоритма является адаптивность коэффициента масштаба к объему выборки.

На рисунке 1 показано влияние коэффициента масштаба на результаты аппроксимации.

Результаты расчетов показали, что наиболее приемлемый результат оценки был получен при  $h=0.22$ .

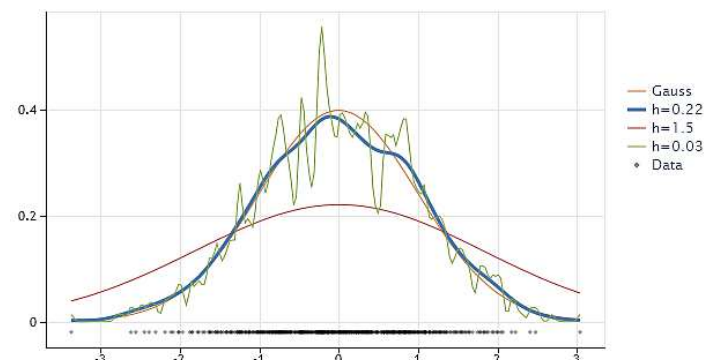


Рисунок 1 – Влияние коэффициента масштаба на результаты аппроксимации.

На рисунке 2 представлена UML – диаграмма вариантов использования разработанной автоматизированной системы [5].

Пользователь может сгенерировать выборку заданного объема с заданными параметрами распределения по методу обратной функции и осуществить построение гистограммы. После этого представляется возможным провести аппроксимацию плотности вероятности ядерными функциями. При завершении вычислительных экспериментов есть возможность сохранить выборку в файл, а также загрузить выборку из имеющегося файла.

Подготовительным шагом перед проведением аппроксимации можно считать процесс подбора параметров ядерной функции. Подбор параметров производится с помощью алгоритма обратного распространения ошибки.



Рисунок 2 – UML – диаграмма вариантов использования

### Литература

1. Прохоров, С.А. Аппроксимация плотности вероятности случайных процессов ядерными функциями и ортогональными полиномами [Текст] / Прохоров С.А., Лёзин И.А., Лёзина И.В., Соболева А.Е. Инновационные технологии в управлении, образовании, промышленности «АСТИНТЕХ-2007»: материалы Всероссийской научной конференции в 2 ч. Часть 2. / сост. И.Ю.Петрова. / Издательский дом «Астраханский университет» – Астрахань, 2007. – С. 136-139. – Библиогр.: с.139.
2. Прохоров, С.А. Аппроксимативный анализ случайных процессов. [Текст] / А.С.Прохоров. –2-е изд., перераб. и доп./СНЦ РАН, 2001. – 125с.
3. Деврой, Л. Непараметрическое оценивание плотности. L1 – подход [Текст] / Деврой Л., Дьерфи Л. Пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 408 с. – ISBN 5-03-000475-0.
4. Электронный ресурс <https://www.mql5.com/ru/articles/396>. Дата обращения 07.03.2016
5. Манухин А.В. Аппроксимация плотности вероятности ядерными функциями / А.В. Манухин, И.В. Лёзина // XIII Королёвские чтения: Международная молодёжная научная конференция: сборник трудов, том 2 – Самара: Издательство СГАУ, 2015. – С. 97 - ISBN 978-5-9905304-6-1.



В.В. Муравьев, И.А. Лёзин

## АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ ОБУЧЕНИЯ НЕЧЕТКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ВАНГА-МЕНДЕЛЯ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

### Постановка задачи

Нейронная сеть, как правило, используется тогда, когда неизвестен точный вид связей между входами и выходами, – если бы он был известен, то связь можно было бы моделировать непосредственно. Другая существенная особенность нейронных сетей состоит в том, что нейронная сеть является универсальным аппроксиматором, т.е. способна реализовывать любую функцию при должном обучении.

Для решения задачи классификации была выбрана сеть Ванга-Менделя. Сеть Ванга-Менделя относится к классу нечетких продукционных нейронных сетей, которые обладают возможностью работы с неопределенными, неполными или неточными данными.

Основной проблемой при работе с нейронной сетью является выбор способа ее обучения. Распространенным методом является метод обратного распространения ошибки, используемый вместе с градиентными алгоритмами обучения. Недостатком градиентных методов является гарантированное нахождение локального, а не глобального минимума. Стохастические методы обучения, такие как генетический алгоритм или алгоритм имитации отжига, позволяют избежать закливания алгоритма в точке локального минимума за счет применения как детерминированного, так и случайного этапов преобразования нейронной сети [1].

### Структура и функциональные особенности сети

Наиболее важным фактором, влияющим на качество решения задачи с помощью нейронных сетей, является структура нейронной сети. Так как сеть Ванга-Менделя имеет фиксированное число слоев, то основной метод влияния на структуру сети - изменение количества нейронов в слоях.

От количества нейронов в сети также зависит количество операций на одной итерации обучения. С одной стороны, уменьшение количества нейронов ведет к сокращению времени обучения сети. С другой стороны, малое количество нейронов ведет к увеличению ошибки обучения [2].

Также стоит учитывать функциональные особенности сети. Сеть Ванга-Менделя построена на основе нечеткой модели Мамдани-Заде. В модели Мамдани-Заде определены 3 вида операций – Т-норма ( $\otimes$ ), S-норма ( $\oplus$ ) и импликация ( $\rightarrow$ ). Совокупность данных операций называется алгеброй нечеткого вывода. В данной работе рассматривались следующие алгебры, предложенные в работе [1]:



### 1. Алгебра Гёделя

$$\mu_A(x) \otimes \mu_B(y) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(y)\}$$

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \begin{cases} 1, \mu_A(x) \leq \mu_B(y) \\ \mu_B(y), \mu_A(x) > \mu_B(y) \end{cases}$$

$$\mu_A(x) \oplus \mu_B(y) = \max\{\mu_A(x), \mu_B(y)\}$$

### 2. Алгебра Гогена

$$\mu_A(x) \otimes \mu_B(y) = \mu_A(x) \mu_B(y)$$

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \begin{cases} 1, \mu_A(x) \leq \mu_B(y) \\ \mu_B(y) / \mu_A(x), \mu_A(x) > \mu_B(y) \end{cases}$$

$$\mu_A(x) \oplus \mu_B(y) = \mu_A(x) + \mu_B(y) - \mu_A(x) \mu_B(y)$$

### 3. Алгебра Лукашевича

$$\mu_A(x) \otimes \mu_B(y) = \max\{0, \mu_A(x) + \mu_B(y) - 1\}$$

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \min\{1, 1 - \mu_A(x) + \mu_B(y)\}$$

$$\mu_A(x) \oplus \mu_B(y) = \min\{1, \mu_A(x) + \mu_B(y)\}$$

### Алгоритмы обучения сети

Также важным фактором, влияющим на качество решения задачи, является выбор алгоритма обучения. В рамках данной работы рассматривалось обучение сети при помощи следующих алгоритмов:

- Градиентные алгоритмы:
  1. Алгоритм наискорейшего спуска и метод обратного распространения ошибки (ОРО) [2]
  2. Метод сопряженных градиентов (АСГ) [2]
- Стохастические алгоритмы:
  1. Генетический алгоритм (ГА) [3]
  2. Алгоритм имитации отжига (АИО) [2]
  3. Алгоритм имитации роя частиц (АИРЧ) [4]
  4. Алгоритм дифференциальной эволюции (АДЭ) [5]

### Экспериментальные исследования и их оценка

Как показатель качества обучения для количественной оценки разности между ожидаемым и реальным значениями на выходах нейронной сети рассчитывались суммарное среднеквадратическое отклонение (СКО) обучения, определяемое формулой

$$\text{СКО} = \sqrt{\frac{1}{V-1} \cdot \frac{1}{E} \cdot \sum_{i=1}^V \sum_{j=1}^E (y_{j,i} - d_{j,i})^2},$$

а также погрешность классификации, равная отношению количества неверно распознанных данных к общему размеру выборки

Выбранные оценки качества будем рассчитывать как на этапе обучения, так и на этапе тестирования нейронных сетей. В дальнейшем будем называть их погрешностями обучения и тестирования соответственно. Погрешность обучения показывает, насколько хорошо нейронная сеть способна накапливать информацию об обучающих выборках. Погрешность тестирования характеризует



способность сети к обобщению полученных знаний, то есть находить зависимость выходных сигналов от входных данных, не участвующих в обучении.

В качестве данных тестовых задач были взяты задачи классификации ирисов и классификации вин из репозитория UCI Калифорнийского университета [6].

### Результаты

Таблица 1. СКО обучения и погрешность классификации при решении задач классификации ирисов/вин

| Тип алгоритма и алгебра | СКО обучения | Погрешность классификации | Количество нейронов | Количество итераций |
|-------------------------|--------------|---------------------------|---------------------|---------------------|
| ОРО, Гёделя             | 0,159/0,164  | 0,033/0,014               | 12/39               | 5000/5000           |
| ОРО, Гогена             | 0,168/0,006  | 0,033/0,000               | 36/39               | 5000/5000           |
| ОРО, Лукашевича         | 0,161/0,194  | 0,033/0,028               | 12/39               | 1000/1000           |
| ГА, Гёделя              | 0,151/0,143  | 0,033/0,028               | 36/65               | 1000/500            |
| ГА, Гогена              | 0,136/0,025  | 0,033/0,000               | 12/117              | 5000/1000           |
| ГА, Лукашевича          | 0,141/0,122  | 0,011/0,028               | 20/39               | 500/5000            |
| АИО, Гёделя             | 0,139/0,191  | 0,033/0,049               | 12/39               | 5000/5000           |
| АИО, Гогена             | 0,166/0,138  | 0,056/0,028               | 12/39               | 5000/5000           |
| АИО, Лукашевича         | 0,362/0,278  | 0,333/0,063               | 12/39               | 5000/5000           |
| АИРЧ, Гёделя            | 0,115/0,174  | 0,011/0,042               | 12/39               | 50/50               |
| АИРЧ, Гогена            | 0,094/0,098  | 0,000/0,007               | 12/39               | 50/50               |
| АИРЧ, Лукашевича        | 0,239/0,282  | 0,033/0,113               | 12/39               | 50/50               |
| АДЭ, Гёделя             | 0,354/0,403  | 0,167/0,190               | 12/39               | 100/500             |
| АДЭ, Гогена             | 0,324/0,273  | 0,167/0,092               | 36/39               | 100/100             |
| АДЭ, Лукашевича         | 0,447/0,271  | 0,578/0,120               | 12/39               | 1000/1000           |
| АСГ, Гёделя             | 0,363/0,410  | 0,289/0,239               | 12/39               | 1/5                 |
| АСГ, Гогена             | 0,346/0,379  | 0,311/0,317               | 12/39               | 5/1                 |
| АСГ, Лукашевича         | 0,355/0,410  | 0,244/0,169               | 12/39               | 5/50                |

В ходе исследований было выяснено, что ОРО, ГА, АИО и АИРЧ качественно обучают сеть нечеткую сеть Ванга-Менделя. С другой стороны, алгоритмы АДЭ и АСГ не показали хороших результатов обучения данной сети.

Относительное сравнение результатов различных алгоритмов показало:

1. ОРО – в основном требует большое количество итераций обучения – часто 5000 и более (ГА зачастую хватает и 500 итераций).
2. ГА требует большее количество нейронов по сравнению с применением остальных алгоритмов.
3. АИО показывает практически полную неспособность обучать сеть при использовании в качестве алгебры нечеткой логики алгебры Лукашевича.



4. АИРЧ может обучать сеть только в «оффлайн»-режиме, в отличие от остальных алгоритмов, к тому же требует метаоптимизация его параметров требует много больше ресурсов, чем для других алгоритмов.
5. Проблемным место АДЭ является его кроссовер, не пригодный для обучения данного типа сетей.
6. АСГ требует решения подзадачи нахождения параметра, минимизирующей функцию. Для нечеткой сети решение данной задачи слишком нетривиально в силу нелинейности и сложности итоговой функции выхода сети.

### Литература

- 1 Лёзин, И.А. Исследование качества решения задачи классификации нейронными нечёткими продукционными сетями на основе модели вывода Мамдани–Заде [Текст]/ И.А.Лёзин, О.П.Солдатова//Вестн. Сам.гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки, 2014.- 2(35). – С. 136–148.
- 2 Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст]/ С. Осовский.: Пер. с пол. Рудинского И.Д. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.: ил.
- 3 Лёзин И.А. Применение генетического алгоритма для обучения нечеткой многовыходовой нейронной сети Ванга-Менделя [Текст]/ И.А. Лёзин, В.В.Муравьев// Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014): труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова/– Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2014. – С.64 – 66.
- 4 Метод роя частиц [Электронный ресурс] - [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4\\_%D1%80%D0%BE%D1%8F\\_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4_%D1%80%D0%BE%D1%8F_%D1%87%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B8%D1%86)
- 5 Дифференциальная эволюция [Электронный ресурс] - [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D1%84%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F\\_%D1%8D%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%86%D0%B8%D1%8F](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B8%D1%84%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%8D%D0%B2%D0%BE%D0%BB%D1%8E%D1%86%D0%B8%D1%8F)
- 6 UCI Machine Learning Repository [Электронный ресурс] - <http://archive.ics.uci.edu/ml/>



А.В. Никулина<sup>1</sup>, П.В. Трешников<sup>2</sup>, Л.С. Зеленко<sup>1</sup>

### РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕСТИРОВАНИЯ УЧЕТА НАРАБОТКИ ГИДРОАГРЕГАТА НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ ЕГО РАБОТЫ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва,  
<sup>2</sup>ООО «Гидроавтоматика»)

Основной целью создания систем учета наработки является предотвращение аварийных ситуаций. Для этого необходимо собирать и обрабатывать данные о техническом состоянии оборудования, которые позволили бы прогнозировать отказы и своевременно выполнять профилактические мероприятия.

В соответствии с оперативным указанием ОАО «Федеральная гидрогенерирующая компания – РусГидро» ОУ-08-2014 «Об организации автоматической регистрации технологических показателей режима работы гидроагрегатов» (далее по тексту ОУ-08) на всех ГЭС должны быть введены системы учета наработки её гидроагрегатов (ГА), обеспечивающие непрерывный контроль и регистрацию следующих параметров наработки:

- количество пусков и остановов ГА;
- длительность суммарного времени работы ГА в каждом режиме работы и зоне работы;
- количество вхождений в каждый режим работы и зону работы.

Для повышения эффективности оперативного управления, увеличения производительности труда персонала, контроля ресурса оборудования и приведения эксплуатации гидротурбин в соответствие с ОУ-08 в ООО «Гидроавтоматика» разрабатывается программное обеспечение «Универсальная форма наработки ГА», которое позволит автоматически обрабатывать технологические показатели режимов работы гидроагрегатов. Данная система выполнена в виде самостоятельного web-приложения, которое поддерживает выполнение следующих функций [1]:

- 1 при наличии систем автоматизированного управления (САУ) ГА импорт режимов работы и параметров наработки ГА из САУ ГА.
- 2 при отсутствии САУ ГА:
  - определение режимов работы по алгоритмам на основе параметров, регистрируемых различными системами АСУТП, при этом алгоритмы определения режимов/зон согласовываются индивидуально для каждой ГЭС;
  - ручной ввод параметров наработки при отсутствии автоматизированного потока данных – регистрация пусков и остановов, переходов между режимами и зонами работы;





- расчет времени нахождения ГА в режимах работы/в зонах работы за выбранный период времени (сутки, месяц, год);
  - расчет количества вхождений ГА в режимы работы/зоны работы за выбранный период времени.
- 3 отображение графика переключений между режимами и зонами работы за временные периоды в виде линейной диаграммы наработки (рис. 1). Изменение параметра наработки сопровождается текстовым комментарием, содержащим дату, время и название режима.

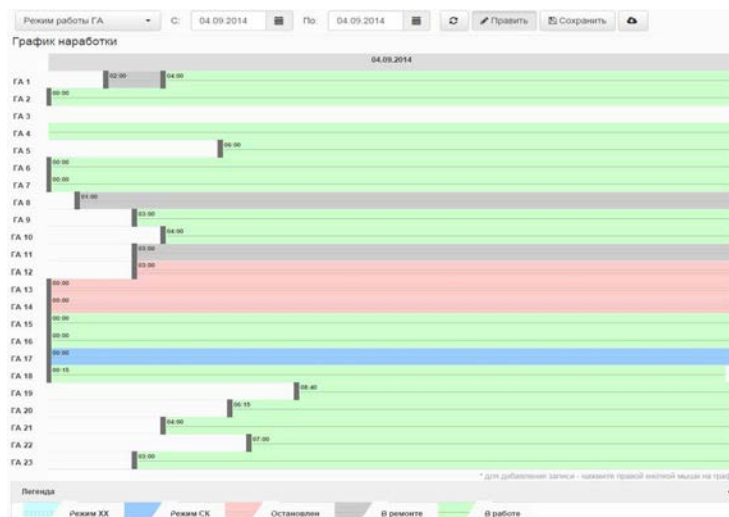


Рис. 1. Диаграмма наработки (для режимов работы ГА)

- 4 формирование и печать отчетов по параметрам наработки с разбивкой по суткам, месяцам и годам, выгрузка отчетов в Excel (рис.2).

| Режимы работы ГА за сутки     | Дата       | В сети | Останов | SK | 18.20 ч | 0.00 ч | 0.00 ч |
|-------------------------------|------------|--------|---------|----|---------|--------|--------|
| Режимы работы ГА за месяц     | 11.03.2016 | В сети | Останов | SK | 18.20 ч | 0.00 ч | 0.00 ч |
| Режимы работы ГА за год       | 11.03.2016 | В сети | Останов | SK | 18.20 ч | 0.00 ч | 0.00 ч |
| Зоны работы ГА за месяц       | 11.03.2016 | В сети | Останов | SK | 18.20 ч | 0.00 ч | 0.00 ч |
| Зоны работы ГА за год         | 11.03.2016 | В сети | Останов | SK | 18.20 ч | 0.00 ч | 0.00 ч |
| Пуски и остановки ГА за месяц | 11.03.2016 | В сети | Останов | SK | 18.20 ч | 0.00 ч | 0.00 ч |
| Пуски и остановки ГА за год   | 11.03.2016 | В сети | Останов | SK | 18.20 ч | 0.00 ч | 0.00 ч |

Рис. 2. Отчет по наработке (для режимов работы ГА за сутки)



- 5 отображение обобщенной информации по параметрам в виде мнемосхемы – графической визуализации нахождения ГА в различных зонах эксплуатационной характеристики (рис. 3).

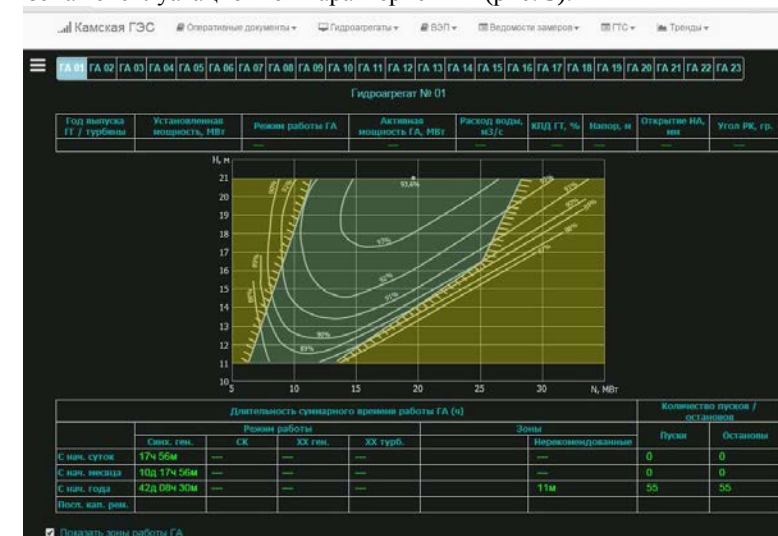


Рис. 3. Пример мнемосхемы гидроагрегата

В течение жизненного цикла любое программное обеспечение проходит процесс тестирования. Поскольку система учета наработки ГА:

- предполагает работу с большим количеством параметров, контроль которых необходимо осуществлять часто и с высокой точностью,
- разрабатывается в рамках длительного по времени и большого по объему проекта,
- часто обновляется,
- отличается для каждой конкретной ГЭС (т.к. модели работы ГА конкретных ГЭС индивидуальны),

то использование исключительно ручного тестирования становится неэффективным: оно требует много времени и ресурсов для обеспечения необходимого тестового покрытия. Автоматизация тестирования позволит повысить качество и скорость тестирования приложения, сократить время на поиск, воспроизведение и документирование ошибок и уменьшить стоимость исправления ошибок.

В связи с этим появилась необходимость в разработке подсистемы автоматизированного тестирования учета наработки гидроагрегата, которая позволит проверить все аспекты его работы. Основными функциями подсистемы являются:





- создание, загрузка, редактирование и сохранение справочников с моделями работы ГА для различных ГЭС (на рис. 4 представлен прототип формы создания модели);
- ввод параметров работы ГА (на рис. 5 изображен прототип формы ввода параметров ГА №1 Камской ГЭС);

Рис. 4. Прототип формы создания модели

Рис.5. Прототип формы ввода параметров модели

- построение модели работы ГА в виде графа переходов между режимами и зонами на основе введенных параметров и с учетом допустимых состояний ГА;
- формирование входных данных для тестирования: возможные последовательности переходов ГА между режимами, зонами работы и соответствующие режимам работы состояние ГА (т.е. запущен или остановлен);
- формирование ожидаемых результатов тестирования (выходных параметров наработки): количество пусков, остановов, вхождений ГА в режимы работы/зоны работы, время нахождения ГА в режимах работы/в зонах работы;
- организация автоматизированного потока входных данных в приложение «Универсальная форма наработки ГА»;
- удаление введенных данных для возвращения приложения в состояние, которое было перед выполнением тестового сценария;



- проверка соответствия полученных в приложении значений выходных параметров наработки в таблицах значений и отчетах по наработке ожидаемым результатам тестирования;
- создание отчетов по тестированию (на рис. 6 представлен прототип формы отчета).

Рис.6. Прототип формы отчета по тестированию

Автоматизированное тестирование должно быть реализовано с помощью драйвера Selenium WebDriver с использованием паттерна PageObject в среде VisualStudio на языке C# и сводиться к следующим шагам:

- написанию сценариев приемочных тестов на основе модели работы ГА;
- разработке тестов с использованием Selenium;
- автоматизации процесса запуска тестов на исполнение после изменения кода в репозитории.

Подсистема автоматизированного тестирования учета наработки ГА позволяет:

- для каждой конкретной ГЭС, на которой будет использоваться система «Универсальная форма наработка», строить модели работы её ГА и тестировать корректность работы приложения для этой модели;
- сократить время тестирования: тест пишется один раз и выполняется при каждом изменении кода;
- сократить время на поиск и документирование ошибок: если тест не прошел, то в отчетах будут записаны шаги воспроизведения;
- сократить стоимость исправления ошибок: исправление ошибки, найденной на тестовой площадке на ранних этапах разработки, дешевле исправления ошибки, найденной на площадке заказчика.

## Литература

1. Спецификация «Универсальная форма наработки» [Текст]. – Самара: ООО «Гидроавтоматика», 2015.– 8 с.



А.О. Новиков, И.А. Лёзин

## СИСТЕМА КОЛОРИЗАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Преобразование пикселя изображения в оттенках серого в соответствующий пиксель цветного изображения само по себе невозможно. Один пиксель серого цвета, то есть яркости, соответствует множеству цветных пикселей. Это означает, что для раскраски любого изображения информации о лишь яркости каждого его пикселя по отдельности недостаточно. Группа же пикселей, которая в общем случае может так же не обладать достаточной информацией для раскраски изображения, в фотографиях реального мира несет дополнительную информацию, которая может быть использована. Колоризация именно фотографий реального мира, раскраска которых чаще всего и требуется, и рассматривается в данной работе.

Фотографии реального мира могут нести в себе информацию о месте съемки, типах объектов в кадре, типах поверхности предметов, времени года и многом другом, что все вместе сужает спектр возможных вариантов колоризации изображения. Чтобы задействовать эту информацию, она должна быть извлечена. В зависимости от применяемого алгоритма колоризации изображения, извлечение и задействование этой информации может происходить неявно, как результат естественной работы алгоритма, в чем хороши технологии глубокого обучения [1], или отдельно, а затем комбинироваться с алгоритмами непосредственной раскраски.

В данной работе рассматривается комбинированный вариант – изображение фрагментируется на части по типу их тематики, а затем каждая раскрашивается по отдельности. Для фрагментации изображения применяется широко используемый метод, основанный на взвешенном графе [2]. Узлы графа – пиксели изображения. Каждый узел имеет четыре ребра, ведущих к соседним узлам. Вес ребра – квадратный корень суммы квадратов разностей значений цвета каждого из RGB каналов пикселя. По полученному графу строится разрез минимальной стоимости. На следующем шаге выполняется присоединение оставшихся пикселей, в результате чего образуются сегменты. Пиксель присоединяется к сегменту соседнего пикселя, если вес ребра между ними меньше некоторого заранее установленного числа. В завершение проводится дополнительное склеивание тех сегментов, площадь которых меньше заданной.

При реализации для повышения быстродействия алгоритма сегментации используется система непересекающихся множеств (disjoint-set) – структура данных, позволяющая администрировать множество элементов, разбитое на непересекающиеся подмножества.



Полученным сегментам изображения присваивается одна из доступных тематик, а затем сегмент раскрашивается с помощью соответствующего тематике алгоритма.

Для раскраски сегментов каждой тематики применяется соответствующий обученный многослойный персептрон. После, все раскрашенные сегменты объединяются в одно целое, полностью раскрашенное изображение.

Обучение нейронных сетей производится с помощью алгоритма обратного распространения ошибки, который применяется для обучения многослойных персептронов [3]. Это итеративный градиентный алгоритм, который используется с целью минимизации ошибки работы многослойного персептрона и получения желаемого выхода [4].

$$E(w) = \frac{1}{2} \sum_{t=1}^P \sum_{s=1}^M (y_s^{(t)} - d_s^{(t)})^2$$

где

$E(w)$  – функция оценки работы сети;

$w$  – значение веса нейрона;

$P$  – количество обучающих выборок;

$M$  – число нейронов;

$y_s^{(t)}$  – значение, полученное в результате вычисления сетью;

$d_s^{(t)}$  – ожидаемое значение.

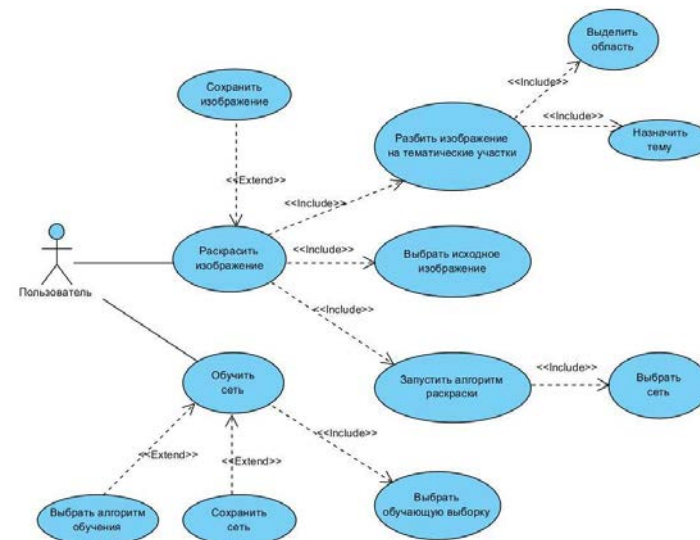


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования



Основная идея этого метода состоит в распространении сигналов ошибки от выходов сети к её входам, в направлении, обратном прямому распространению сигналов в обычном режиме работы [5]. Обучающей выборкой являются изображения в оттенках серого, имеющие общую тематику. Желаемая выборка – соответствующие им цветные изображения.

Описываемая система позволяет сохранить обученные нейронные сети с указанием темы изображений, для последующего использования.

Для раскраски изображения производится его сегментация, которая может быть улучшена дополнительным ручным склеиванием требуемых сегментов. Затем, для каждого сегмента выбирается его тематика из списка доступных, и запускается алгоритм раскраски. Полученное цветное изображение можно сохранить.

Система разработана на языке Java.

Диаграмма вариантов использования данной системы приведена на рисунке 1.

### Литература

1. Automatic Colorization [Электронный ресурс]: статьи. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://tinyclouds.org/colorize/> – Загл. с экрана. – Яз. англ.
2. Graph Based Image Segmentation [Электронный ресурс]: статьи. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://www.cis.upenn.edu/~jshi/GraphTutorial/> Загл. с экрана. – Яз. англ.
3. Википедия [Электронный ресурс]: статьи. – Электрон. дан. – Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/> – Загл. с экрана. – Яз. рус.
4. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст]/ Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344с.: ил.
5. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание [Текст]/ Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил.

С.П. Орлов, Е.А. Ахполова

### ТЕХНИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ БЛОКОВ ПО ТЕПЛОВЫМ ПОЛЯМ ЭЛЕМЕНТОВ

(Самарский государственный технический университет,  
АО «РКЦ «Прогресс», г. Самара)

Высокие требования к надежности радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов приводят к необходимости интенсивных наземных испытаний для выявления дефектов и прогнозирования работоспособности приборов. Технологические отбраковочные испытания проводятся при комплексном воздействии нескольких факторов: вибрации, климатических воздействиях, электротермотренировки. При этом радиоэлектронные блоки функционируют в штатном режиме, будучи установлены в конструктив аппарата. В этом случае



не всегда имеется возможность контактного измерения многих параметров, характеризующих их работоспособность

В работах [1,2] описана информационно-измерительная система для испытаний оптико-электронного преобразователя, которая использует бесконтактный метод измерения теплового поля на поверхности микросхемы фоточувствительной матрицы на ПЗС. В результате в процессе испытаний с помощью тепловизора NEC R500 [3] непрерывно снимается температурное поле на поверхности прибора, которое показывает места и степень ненормативного разогрева микросхемы.

В докладе предлагается развитие данного подхода для технической диагностики всего радиоэлектронного блока с множеством контролируемых элементов.

Будем рассматривать приборный отсек с технологическим отверстием в стенке, в которое устанавливается компактный тепловизор в держателе с поворотным механизмом. В оптическом поле тепловизора будут находиться видимые поверхности внутренних элементов отсека, которые для упрощения будем считать плоскими. Выделим плоскость с  $N$  установленными на ней электронными элементами. Для реализации предлагаемой методики необходимо построить теплофизические модели этих элементов.

Взяв за основу известное уравнение теплопроводности [4], построим математическую модель теплопереноса в объеме радиоэлектронного элемента:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda(x, y, z) \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda(x, y, z) \frac{\partial t}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda(x, y, z) \frac{\partial t}{\partial z} \right) + Q(x, y, z, \tau) - Q'(x, y, z, \tau) - Q''(x, y, z, \tau) =$$

$$= \rho(x, y, z) \cdot c(x, y, z) \frac{\partial t}{\partial \tau}, \quad (1)$$

где  $\lambda(x, y, z)$  – теплопроводность материала в точке с координатами  $(x, y, z)$ , [Вт/м·К];  $t$  – температура в точке  $(x, y, z)$ , [К];  $Q(x, y, z, \tau)$  – удельная мощность источника тепла, [Вт/м<sup>3</sup>];  $Q'(x, y, z, \tau)$  – удельная мощность теплоотдачи во внешнюю среду за счет конвекции и радиационного излучения, [Вт/м<sup>3</sup>];  $Q''(x, y, z, \tau)$  – удельная мощность теплоотдачи через верхнюю поверхность, [Вт/м<sup>3</sup>];  $\rho(x, y, z)$  – плотность материала в точке с координатами  $(x, y, z)$ , [кг/м<sup>3</sup>];  $c(x, y, z)$  – удельная теплоемкость, [Дж/кг·К];  $\tau$  – время, [с].

В работе [1] предложено модифицировать модель путем учета конструктивных особенностей элементов и их теплообмена в приборном отсеке. Это позволяет упростить математическую модель, переходя к двумерному нестационарному уравнению теплопроводности:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda(x, y) \frac{\partial t}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( \lambda(x, y) \frac{\partial t}{\partial y} \right) + Q(x, y, \tau) - Q'(x, y, \tau) = \rho(x, y) \cdot c(x, y) \frac{\partial t}{\partial \tau} \quad (2)$$

Задавая координаты источников повышенного тепловыделения в электронном элементе, получаем температурные поля  $\Theta_{i, n}(x, y)$  для данного элемента  $i$ , соответствующие различным дефектам и неисправностям, где  $n$  – номер дефекта.



Методика технической диагностики электронных элементов по тепловой картине заключается в следующем.

1. Измерение термограммы поверхностей элементов внутри приборного отсека с помощью тепловизора в процессе наземных испытаний изделия.
2. Анализ общей термограммы и выделение перегретых участков с последующей фокусировкой на них тепловизора.
3. Измерение детальных термограмм отдельных перегретых элементов.
4. Сравнительный анализ измеренных термограмм и расчетных температурных полей, полученных с помощью математических моделей теплового состояния электронных элементов. Возможно также использование накопленных в базе данных термограмм, снятых в процессе предыдущих испытаний аналогичных приборов и элементов.
5. Принятие решения о продолжении испытаний, изменении режимов воздействия на блок, либо приостановка испытаний.
6. Занесение в базу данных результатов испытаний, в том числе полученных реальных термограмм радиоэлектронных элементов.

На рисунке 1 приведена схема принятия решения о неисправности и работоспособности радиоэлектронных элементов приборов различных типов.

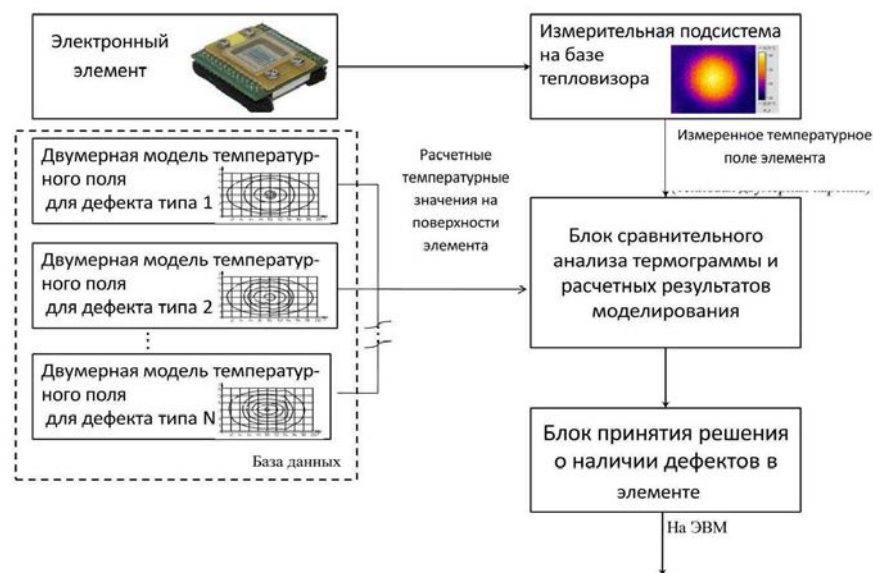


Рис. 1. Схема принятия решений о работоспособности радиоэлектронных блоков

Выходная информация тепловизора в формате радиометрического JPEG 14 битов обрабатывается в блоке сравнительного анализа.



В настоящее время использование тепловизионных термограмм распространено достаточно широко. Однако в большинстве случаев анализ проводит специально подготовленный термографист. При этом велика роль субъективных ошибок оценки состояния объекта. При наземных технологических отбраковочных испытаниях электронных приборов в составе изделия роль термографиста сводится к визуальному контролю хода испытаний и своевременного определения аварийных тепловых режимов. Более тонкая диагностика проводится с помощью программного обеспечения и базы данных температурных полей элементов.

В предложенной системе для автоматического анализа термограмм и сравнения с расчетными картинами теплового поля можно использовать известные программные средства анализа изображений. Наиболее перспективны три направления [5]:

- сравнительная термография (качественная и количественная);
- опорные обследования (использование опорных сигнатур);
- температурные тренды.

Таким образом, внедрение предлагаемой методики технической диагностики приборов по тепловой картине в комплексе с математическим моделированием позволит получить достоверную информацию о дефектах и неисправностях, а также сократить сроки испытаний аппаратуры.

### Литература

1. Орлов, С.П. Техническая диагностика опто-электронного преобразователя системы дистанционного зондирования Земли/ С.П.Орлов, Е.А.Ахполова //Вестник Волжского университета им. Татищева. № 2(24), 2015. – С.63-71.
2. Орлов, С.П. Моделирование процесса диагностики опто-электронного преобразователя/С.П.Орлов, Е.А.Ахполова//В сб.: Перспективные информационные технологии (ПИТ 2013): труды Междунар. научно-технической конференции. — Самара: Изд. Самарского научного центра РАН, 2013. – С. 294-296.
3. Инфракрасная термография в энергетике/А.В.Афонин. и др. Под ред. Ньюпорта Р. К., Таджибаева А. И. Т. 1. Основы инфракрасной термографии. — СПб.: СПЭИПК, 2000. - 240 с.
4. Дульнев, Г.Н. Методы расчета теплового режима приборов/ Г.Н. Дульнев, В.Г. Парфенов, А.В. Сигалов. – М.: Радио и связь, 1990. – 312 с.
5. ГОСТ Р ИСО 18434-1-2013. Контроль состояния и диагностики машин. Термография. Часть 1. Общие методы. – М.: Стандартинформ, 2014.





В.А. Печенин, М.А. Болотов, Н.В. Рузанов

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГРЕШНОСТЕЙ МАТЕМАТИЧЕСКОГО БАЗИРОВАНИЯ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Высокоточные измерения геометрии деталей и сборочных единиц составляют значимую часть технологии производства деталей и изделий машиностроения. К операциям измерений предъявляются требования высокой гибкости, производительности и необходимой точности. Широко известно использование на предприятиях аэрокосмического профиля трёх осевых координатно-измерительных машин (КИМ), реализующих координатный метод измерений и имеющих компьютерную поддержку.

Одними из наиболее сложных и ответственных деталей машиностроения, а также авиационных двигателей, с точки зрения изготовления являются зубчатые колеса. Разработка и выполнение операций изготовления и измерения зубчатых колёс сопряжено с рядом проблем. Они вызваны наличием сложнопровильных поверхностей [1], заданных специфических параметрах, нормирующих их точность и высоких требований к допустимым погрешностям измерений.

Выполнение измерений зубчатых колес на КИМ производится в следующей последовательности: предварительное (стартовое) базирование, чистовое базирование, измерение профиля (поверхности) зубьев, расчёт измеряемых геометрических параметров. Каждый из этапов последовательности характеризуется своими проблемами. Этап чистового базирования, в ходе которого определяется пространственное расположение измеряемого зубчатого колеса относительно осей координатно-измерительной машины, является особо ответственным.

Аналитический обзор работ, посвящённых моделированию процесса координатных измерений и оценке погрешностей измерений геометрических параметров, показывает широкое использование исследователями подхода «Виртуальная координатно-измерительная машина» [2]. Целью данной работы является разработка математической модели для исследования погрешностей базирования цилиндрических зубчатых колёс на координатно-измерительных машинах.

*Математическое базирование* - процедура, заключающаяся в расчете расположения системы координат детали (СКД) по предварительно измеренным в системе координат машины (СКМ) точкам базовых элементов детали к последующей трансформации координат точек других элементов детали из СКМ в СКД.



При определении системы координат детали необходимо определить положение главной оси, направление второй оси и центр системы координат. Для зубчатых колес направление оси вращения задается по центральному посадочному отверстию. Затем производится измерение торцевой плоскости. На пересечении торцевой плоскости и цилиндрической поверхности посадочного отверстия задается точка начала координат.

Направление второй оси СКД можно определить с помощью использования операции наилучшего совмещения измеренных боковых эвольвентных поверхностей зубьев с соответствующими их номинальными поверхностями. Для его реализации производится измерение массива точек эвольвентных поверхностей зубьев и их совмещение с соответствующими точками на CAD-модели зубчатого колеса. На рисунке 1 представлена схемы математического базирования углового положения зубчатого колеса, используемые в данном исследовании.

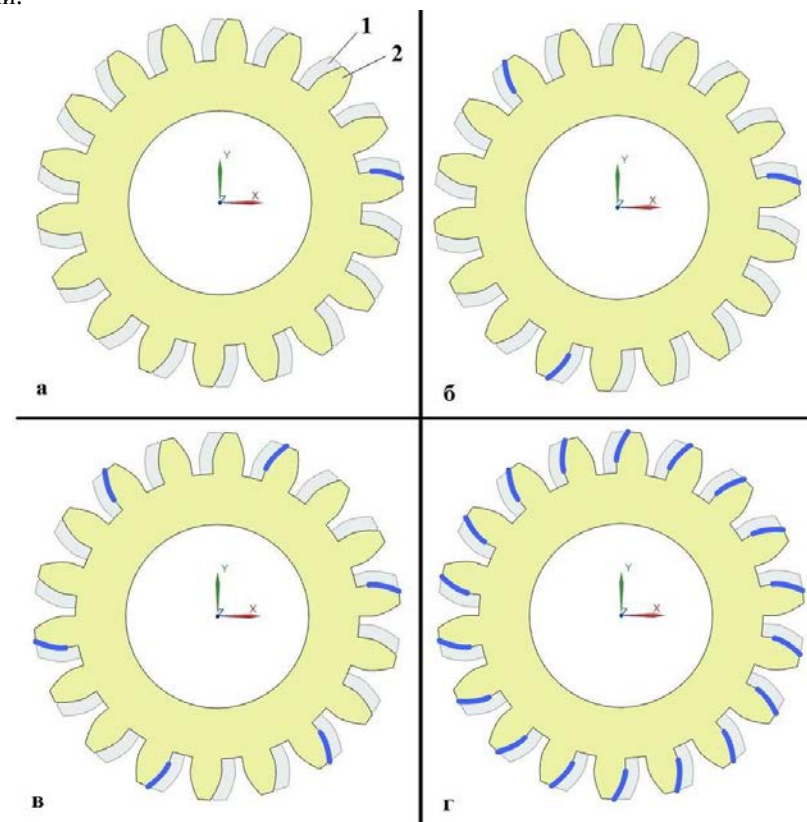


Рисунок 1 – Схемы углового расположения на зубчатого колеса с помощью алгоритма наилучшего совмещения: 1 - CAD-модель; 2- измеряемое колесо



В работе использовалось совмещение по одной стороне одного зуба (рис.1, а); по одноименным сторонам трех зубьев (рис.1, б), шести зубьев (рис.1, в) и всех зубьев (рис.1, г).

Стандартным алгоритмом, решающим проблему наилучшего совмещения, является итеративный алгоритм ближайших точек (ICP) [3]. Это итерационный алгоритм, у которого на каждой итерации методами нелинейного оптимизационного поиска рассчитываются углы вращения ( $\Delta\Phi$ ,  $\Delta\Theta$  и  $\Delta\Psi$ ) и величины перемещения ( $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  и  $\Delta Z$ ) вдоль координатных осей. В общем виде целевая функция алгоритма совмещения выглядит следующим образом:

$$f(\Delta X, \Delta Y, \Delta Z, \Delta\Phi, \Delta\Theta, \Delta\Psi) = 1/N \sum_{i=1}^N d_i^2 \rightarrow \min, \quad (1)$$

где  $d_i$  - расстояние между  $i$ -й точкой на поверхности измеряемой детали и соответствующей ей номинальной точкой на эталонной CAD-модели;

$N$  - количество пар точек совмещения.

В случае совмещения углового расположения матрица  $M$  содержит лишь угол  $\Delta\Psi$  вращения вокруг оси  $z$ . Для поиска параметров функции (1) применяются методы нелинейной оптимизации. В разработанной модели применялся метод последовательного квадратичного программирования [4].

Погрешность базирования зубчатого колеса в угловом направлении может быть выражена соответственно разницей между действительным углом и рассчитанным при базировании, выраженной в длине дуги начальной окружности зубчатого колеса:

$$\delta_\Psi = (\Psi_{рас.} - \Psi_{действ.}) \cdot d_w / 2, \quad (2)$$

где  $\Psi_{рас.}$  -  $\Psi_{действ.}$  - соответственно рассчитанный и действительный углы второй оси системы координат зубчатого колеса;

$d_w$  - диаметр начальной окружности зубчатого колеса.

Для проведения исследований точности измерений была разработана модель действительной геометрии зубчатого колеса, позволяющая воспроизводить отклонения геометрии, возникающие при их изготовлении.

Моделирование измерений выполнялось на зубчатом колесе с параметрами, заданными в таблице 1. Так же в таблице 1 приведены основные геометрические размеры и допуски рассматриваемого зубчатого колеса со степенью точности 6-5-5 по ГОСТ 1643-81 и ОСТ 1.41671-77. Было осуществлено моделирование 50 зубчатых колес, имеющих отклонения геометрических параметров от эталона в пределах допусков, определяемых заданной точностью и основными геометрическими параметрами.



Таблица 1 - Геометрические параметры и допуски зубчатого колеса

| Параметр                                         | Обозначение  | Величина допуска |
|--------------------------------------------------|--------------|------------------|
| Число зубьев                                     | $z$          | 18               |
| Модуль, мм                                       | $m$          | 2                |
| Угол зацепления, °                               | $\alpha$     | 25               |
| Диаметр делительной окружности, мм               | $d$          | 36               |
| Допуск на радиальное биение зубчатого венца, мкм | $F_r$        | 36               |
| Предельные отклонения шага зацепления, мкм       | $\pm f_{pb}$ | $\pm 6$          |
| Допуск на погрешность профиля зуба, мкм          | $f_f$        | 6                |
| Наименьшее отклонение толщины зуба, мкм          | $E_{cs}$     | 90               |
| Допуск на толщину зуба, мкм                      | $T_c$        | 85               |

В таблице 2 приведены математические ожидания  $\mu$  и среднеквадратические отклонения (СКО) погрешностей базирования в угловом направлении  $\delta_\Psi$  для рассматриваемой выборки зубчатых колес с уровнем доверительной вероятности 99.73%. Так же рассчитаны коэффициенты корреляции  $r$  между моментными характеристиками погрешностей и геометрическими отклонениями колес.

Таблица 2 - Статистические характеристики погрешностей  $\delta_\Psi$  зубчатого колеса

| Схема базирования (рисунок 1) | Погрешность базирования с использованием алгоритма наилучшего совмещения ICP |                       |                    |                    |                          |                       |                    |                    |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------|
|                               | $\mu, \text{мкм}$                                                            | $r \text{ с } f_{pb}$ | $r \text{ с } T_c$ | $r \text{ с } F_r$ | $\text{СКО}, \text{мкм}$ | $r \text{ с } f_{pb}$ | $r \text{ с } T_c$ | $r \text{ с } F_r$ |
| а)                            | 5,66                                                                         | -0,4073               | -0,9541            | -0,0063            | 7,14                     | 0,2943                | 0,6397             | 0,6413             |
| б)                            | 6,43                                                                         | -0,4076               | -0,9539            | -0,0058            | 4,55                     | -0,0494               | 0,9242             | 0,0379             |
| в)                            | 6,06                                                                         | -0,4077               | -0,9538            | -0,0065            | 4,13                     | -0,0318               | 0,8406             | 0,0106             |
| г)                            | 6,58                                                                         | -0,4070               | -0,9541            | -0,0061            | 4,60                     | -                     | -                  | -                  |

Размах погрешности  $\delta_\Psi$  довольно значителен во всех рассматриваемых примерах, соизмерим с допуском на радиальное биение и в разы меньше допуска на толщину зуба. Наиболее ожидаемая величина погрешности имеет смещение от 0 на величину, примерно соответствующую допуску на отклонение шага зубьев и слабо изменяется в зависимости от количества используемых при совмещении зубьев. СКО снижается с увеличением числа зубьев. При вычислении коэффициентов корреляции выяснилось, что наибольшее влияние на величину погрешности и размах отклонения оказывает погрешность толщины зубьев. Так же можно отметить, что погрешность шага между зубьями оказывает слабое влияние на характер смещения центра крупирования. На СКО погрешности  $\delta_\Psi$  при базировании по одному зубу (рисунок 1, а) также зависит от величины радиального биения.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках реализации федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы» с использованием оборудования ЦКП САМ-технологий. Уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI57815X0131.





### Литература

1. Степаненко И.С. Исследование процесса заполнения пресс-формы при инъекционном литье лопаток из композиционных материалов / И.С. Степаненко, И.Н. Хаймович // Фундаментальные исследования. - 2015. - № 7-2. - С. 293-297.
2. Trapet E. The virtual CMM concept / E. Trapet, F. Waldele // World scientific publ. comp. - 1996. - P. 238-247.
3. Besl P.J. A method for registration of 3-D shapes / P.J. Besl, N.D. McKay // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1992. - Vol. 14, № 2. - P. 239-256.
4. Powell, M.J.D. A fast algorithm for nonlinearly constrained optimization calculations, numerical analysis / M.J.D. Powell // Numerical Analysis. - 1978. - Vol. 630. - P. 144-157.

С.А. Прохоров, А.А. Столбова, Д.С. Бочаров

### РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗА СИГНАЛОВ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

### Введение

В настоящее время практически не встречается такой области науки или производства, перед которой не стояла бы задача анализа каких-либо сигналов. Существует ряд методов, позволяющих решать данную задачу, наиболее популярными из которых являются преобразование Фурье, оконное преобразование Фурье и вейвлет-преобразование, являющееся наиболее перспективным в настоящее время.

Вейвлет-анализ широко применяется в задачах [1]:

- распознавания образов;
- обработки и синтеза различных сигналов, например, речевых;
- анализа изображений самой различной природы, например, рентгенограмм или спутниковых изображений;
- свертки больших объемов информации и во многих других случаях.

Цель работы заключается в создании мобильного приложения, осуществляющего непрерывный вейвлет-анализ сигналов.

### Теоретическая часть

Для определенности под словом «сигнал» в дальнейшем будет понимать ся одномерный сигнал, являющийся функцией времени, а под словосочетанием «вейвлет-преобразование» – непрерывное вейвлет-преобразование.

Вейвлет-преобразование сигнала состоит в его разложении по базису, полученному из обладающей определенными свойствами функции (вейвлета) по-



средством переносов и масштабных изменений. Каждая из функций этого базиса характеризует как пространственную частоту, так и ее локализацию во времени [1]. Функция, служащая прототипом для образования базиса, которую также называют материнским (или базисным) вейвлетом, должна удовлетворять условиям ограниченности и нулевого среднего [2]:

$$\begin{cases} \int_{-\infty}^{\infty} \psi(t) dt = 0; \\ \int_{-\infty}^{\infty} |\psi(t)|^2 dt < \infty. \end{cases}$$

Непрерывное вейвлет-преобразование определяется следующей формулой:

$$W(\tau, s) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi^* \left( \frac{t - \tau}{s} \right) dt,$$

где  $s$  – параметр масштаба;

$f(t)$  – исходный сигнал;

$\psi^*$  – комплексно сопряженная к материнскому вейвлету функция преобразования;

$\tau$  – параметр сдвига.

Масштабный коэффициент  $1/\sqrt{|s|}$  вводится для того, чтобы интеграл от квадрата любого вейвлета этого семейства не отличался от такого интеграла для материнского вейвлета.

Вейвлет-анализ основан на выявлении корреляции между анализируемым сигналом и семейством базисных функций, полученных из материнского вейвлета. Процесс анализа сигнала с помощью вейвлет-преобразования может быть описан следующим алгоритмом:

1. Помещение вейвлета в начальный временной интервал анализируемого сигнала;
2. Вычисление коэффициента корреляции между вейвлетом и анализируемым сигналом на данном временном отрезке при заданном масштабе;
3. Сдвиг вейвлета вдоль временной оси на некоторый малый промежуток времени;
4. Повтор пунктов 2 и 3 до тех пор, пока сигнал не будет проанализирован на всей временной области его существования;
5. Изменение масштаба анализирующей функции (материнского вейвлета);
6. Повтор пунктов 1-5 до тех пор, пока сигнал не будет проанализирован на всех требуемых масштабах.



### Описание прототипа системы

Прототип системы организован в виде клиент-серверного приложения. Для разработки прототипа используется язык Java.

Клиентская часть представляет собой мобильное приложение под управлением операционной системы Android и реализует следующий функционал:

- задание анализируемого сигнала;
- выбор базисного вейвлета из предоставленного набора;
- задание параметров преобразования;
- отправка данных в формате JSON на сервер и получение результатов от него;
- визуализация результатов.

Поскольку расчет вейвлет-преобразования является достаточно ресурсоемкой задачей, а мобильные устройства обладают более скромной аппаратной базой, чем стационарные ЭВМ, решение этой задачи возложено на серверную часть прототипа приложения.

### Заключение

В результате работы создан прототип системы, реализующей вейвлет-анализ одномерных сигналов. Прототип обеспечивает базовую функциональность для проведения вейвлет-анализа и позволяет задать анализируемый сигнал, параметры преобразования, базисный вейвлет, выполнить расчет преобразования и визуализацию результатов.

В перспективе необходимо предусмотреть ряд возможностей, таких как: авторизация клиента, сохранение результатов и соответствующих им параметров в базу данных, возможность анализа двумерных сигналов, трехмерная визуализация результатов.

### Литература

1. Астафьева, Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения [Текст] / Н.М. Астафьева // Успехи физических наук. -1996. -Т. 166. -Вып. 11. -С. 1145-1170.
2. Нагорнов, О.В. Вейвлет-анализ в примерах [Текст]: учебное пособие / О.В. Нагорнов, В.Г. Никитаев, В.М. Простокишин, С.А. Тюфлин [и др.]. -М.: НИЯУ МИФИ, 2010. -120 с.



С.А. Прохоров, С.А. Сучкова, Е.В. Матыцин, И.М. Куликовских

### СИСТЕМА АДАПТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ КОЛЛАБОРАТИВНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Применение технологий анализа данных в области образования привело к формированию новой образовательной модели – адаптивного обучения. Основная идея, положенная в основу адаптивного обучения [1-6], заключается в персонализации процесса обучения через формирование индивидуальных обучающих траекторий. Как правило, в качестве исходных данных для построения обучающей траектории используется следующая информация [7,8]:

- цели и алгоритмы взаимодействия группы обучаемых;
- алгоритмы обработки данных в реальном времени для формирования системы рекомендаций;
- формирование признаков, отражающих знания и умения обучаемых;
- формирование признаков, отвечающих за особенности восприятия информации;
- формирование признаков, оценивающих чувствительность обучаемых к изменениям в преподавании, темпе, обучающем контенте и т.д.

Основным результатом построения обучающей траектории является адаптация процесса обучения на основе следующих количественных показателей:

- статистика успеваемости каждого обучаемого, учитывающая историю обучения;
- результаты предсказания успеваемости, скорости и вероятности достижения цели, а также ожидаемую оценку и уровень знаний.

Следует отметить, что помимо количественных показателей, индивидуальная траектория позволяет проанализировать обучающий контент по множеству показателей: специфика выделения ключевых идей, анализ структуры материала, уровень его сложности, формат и т.д.

Предлагаемые ранее системы адаптивного обучения, главным образом, направлены на анализ демонстрируемых знаний обучаемых с целью их дальнейшего развития. Однако, знания могут быть частичными и, таким образом, выраженными неявно. Одним из способов контроля качества знаний, при котором приходится сталкиваться с проблемой оценивания частичных знаний, является тестирование с множественным выбором. Помимо двух простейших исходов, когда обучаемый знает правильный ответ и отвечает правильно либо не знает и пропускает, могут быть следующие варианты:



- знает правильный ответ, но отвечает неправильно (например, в результате влияния внешних факторов, таких как фактор случайности, некорректно составленное задание и т.д.)

- не знает правильного ответа, но может исключить некоторые некорректные варианты;

- не знает правильного ответа и исключает из рассмотрения правильный ответ как некорректный;

- не знает правильного ответа и пытается угадать.

Более того, на представленные варианты могут налагаться дополнительные ограничения, связанные с условиями проведения тестирования:

- наличие «пенальти» за неправильный ответ;

- возможность обсуждать задания и вероятность правильности того или иного варианта.

При таких условиях, задача оценивания частичных знаний становится еще более неоднозначной и складывается из ряда психологических факторов, включающих предрасположенность обучаемых гадать, рисковать или полагаться на мнение окружающих.

Таким образом, целью данной работы является создание системы адаптивного обучения, которая анализирует частичные знания обучаемых с учетом описанных выше особенностей при тестировании с множественным выбором.

#### Формализация задачи

В соответствии с поставленной целью необходимо формализовать задачу создания системы адаптивного обучения и предложить математический аппарат для ее решения.

Представим стратегию поведения обучаемого при тестировании с множественным выбором в виде следующей структуры, которая отражает логику дерева принятия решений:

--читает тестовое задание:

----пропускает, переходит к следующему заданию:

-----**не знает ответ.**

-----знает ответ, но не уверен.

-----отвечает:

-----**знает ответ.**

-----не знает, но пытается угадать;

-----не знает, но спрашивает совет:

-----полагается на мнение других.

-----полагается на собственное мнение.

В представленной структуре жирным выделены простейшие бинарные исходы ( $y=0$  и  $y=1$ ). Остальные признаки должны быть закодированы в виде пары  $(x, y)$ , где вектор  $x$  представляет собой набор признаков, описывающих стратегию поведения обучаемого при тестировании. Тогда, задача построения обучающей траектории сводится к нахождению  $p(y=1|x;\theta)$  для оптимизации



стратегии обучения, что представляет собой задачу оптимизации коэффициентов  $\theta$  логистической регрессии  $h_{\theta}(x)$ .

В терминах машинного обучения данная задача может интерпретироваться как задача *online machine learning* [9,10]. В качестве базового алгоритма оптимизации для данного класса задач используется градиентный спуск. Тогда, представим задачу нахождения оптимальной обучающей траектории в виде следующего псевдокода:

```
Repeat {
  Get  $(x, y)$  corresponding to a learner
  Update  $\theta$  using  $(x, y)$ :
     $\theta_j = \theta_j - \alpha(h_{\theta}(x) - y)x_j, \quad (j=0...n), \quad \alpha - \text{learningrate}$ 
}
```

Следует отметить, что в отличие от классической постановки задачи оптимизации коэффициентов регрессии, где анализируется выборка значений  $(x_i, y_i)$ , в данной задаче используется вектор  $(x, y)$ , соответствующий одному обучаемому, который постоянно дополняется новыми признаками в течение всего процесса обучения.

Для учета результатов влияния коллаборативного принятия решения, дополним данную задачу в терминах другого класса задач машинного обучения – *collaborative filtering* [11-13].

Пусть  $n_i, n_t$  – количества обучаемых и тестов соответственно. Тогда,  $r(i, j)=1$ , если  $j$ -ый обучаемый отвечал на  $i$ -ое задание теста, а  $y(i, j)$  – количество правильных ответов, которые  $j$ -ый обучаемый дал на  $i$ -ое задание теста. Задача оптимизации обучающей траектории в терминах *collaborative filtering* может быть представлена в виде следующего псевдокода:

```
Initialize  $x^{(1)}, ..., x^{(n_i)}, \theta^{(1)}, ..., \theta^{(n_t)}$  to small random values
Repeat for each  $j=1, ..., n_t, i=1, ..., n_i$ 
{
  Simultaneously update  $x^{(i)}, \theta^{(j)}$ :
     $x_k^{(i)} = x_k^{(i)} - \alpha \sum_{j:r(i,j)=1} \left[ h\left(\left(\theta^{(j)}\right)^T x^{(i)}\right) - y^{(i,j)} \right] \theta_k^{(j)}, \quad \alpha - \text{learning rate}$ 
     $\theta_k^{(j)} = \theta_k^{(j)} - \alpha \sum_{i:r(i,j)=1} \left[ h\left(\left(\theta^{(j)}\right)^T x^{(i)}\right) - y^{(i,j)} \right] x_k^{(i)}$ 
}
```

Коллаборативная фильтрация позволяет решать задачу одновременной оптимизации обучающей траектории для данного обучаемого с признаками  $\theta^{(j)}$  и предоставляемого контента  $x^{(i)}$ . Более того, на основе гипотезы  $h\left(\left(\theta^{(j)}\right)^T x^{(i)}\right)$



может выполняться прогноз успеваемости, скорости и вероятности достижения цели.

Данную постановку можно также использовать для нахождения меры сходства между ответами группы обучаемых на тестовые задания [13] и таким образом выявлять полагался ли обучаемый на мнение других при ответе на данное тестовое задание.

### Программная реализация

Для реализации предложенных математических моделей, а также с целью сбора необходимых признаков, характеризующих поведения обучаемых при тестировании, была спроектирована система адаптивного обучения.

В качестве базовой архитектуры при создании системы использовалась архитектура стандартного *Java EE application*, имеющая следующие уровни: *Web*, *Business*, *Data*. *Web tier* – уровень представления, отвечающий за показ данных пользователю. *Business tier* – уровень бизнес логики, отвечающий за обработку информации согласно некоторым бизнес правилам. *Data tier* – уровень данных, отвечает за хранение информации. Данные уровни абстракции согласуются с постановкой задачи и позволяют создать сложную систему с необходимым уровнем масштабируемости и расширяемости.

Рассмотрим физическую реализацию, где для получения полной абстракциииуровень представления выделен на отдельный сервер (рис. 1).

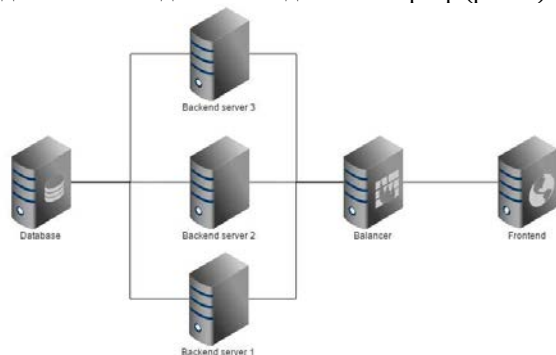


Рис. 1. Физическая реализация

Работа данной схемы будет происходить следующим образом. Пользователь имеет доступ только к “Frontend” серверу. Визуальный интерфейс по специальному API будет работать только с одним сервером “Balancer”, который не имеет никакой бизнес логики и предназначен только, для распределения нагрузки между “Backend” серверами. Полученные запросы обрабатываются на “Backend” сервере. При необходимости выполняются дополнительные запросы в базу данных, после чего ответ отправляется обратно “Frontend” серверу. Подобная архитектура позволяет распределить нагрузку на всю систему в целом, что, в свою очередь, увеличивает скорость работы в целом.



Рассмотрим вспомогательные технологии, которые мы будем использовать на каждом уровне (см. рис. 2).

В качестве базы данных была выбрана MySQL как легкая, реляционная база данных, отвечающая требованиям постановки задачи. В свою очередь, библиотека Hibernate позволяет поддерживать персистентность между таблицами, реализуемых в виде сущностей. Фреймворк Spring предоставляет API по работе контроллерами, фильтрами, валидацией и другими интерфейсами, которые подготавливают данные к отправке на клиент или собирают информацию с клиента.

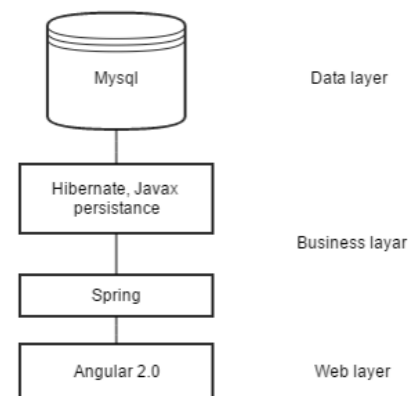


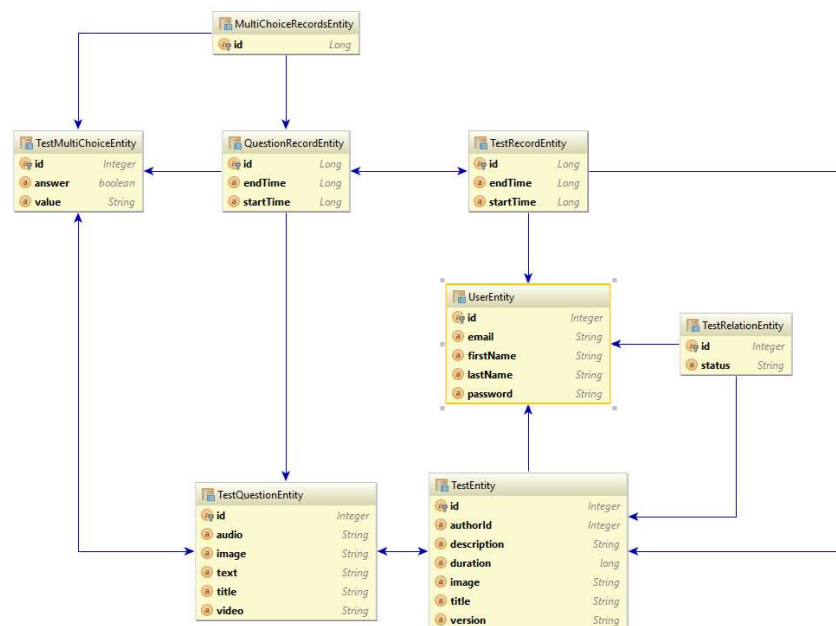
Рис. 2. Технологии, использованные на каждом уровне

Схема таблиц и их связей представлена на следующей диаграмме (см. рис. 3), где

- User Entity – сущность для связи с таблицей “users”, для хранения информации о пользователе;
- Test Entity - сущность для связи с таблицей “tests”, для хранения информации о тесте;
- Test Relation Entity – вспомогательная сущность для связи таблиц “users” и “tests”;
- Test Question Entity - сущность для связи с таблицей “questions”, для хранения информации о вопросе из теста;
- Test Multi Choice Entity - сущность для связи с таблицей “choices”, для хранения информации о возможных выборах ответа в вопросе;
- Test Record Entity – сущность для связи с таблицей “test-records”, для хранения информации собранной при прохождении теста пользователем;



- Question Record Entity – сущность для связи с таблицей “questions-records”, для хранения информации собранной при ответе пользователем на отдельный вопрос;
- Multi Choice Record Entity – сущность для связи с таблицей “choice-records”, для хранения информации о ответе на вопрос пользователем.



Powered by yFiles

Рис. 3. Схема таблиц и их связей

### Литература

1. P. Baepler, C.J. Murdoch *Academic Analytics and Data Mining in Higher Education*, International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning, 2(4), 2010,
2. B. Dietz-Uhler& J.E. Hurn *Using Learning Analytics to Predict (and Improve) Student Success: A Faculty Perspective*, Journal of Interactive Online Learning, 1(12), 2013, URL: [www.ncolr.org/jiol](http://www.ncolr.org/jiol)
3. Brijesh Kumar Baradwa, Saurabh Pal *Mining Educational Data to Analyze Students' Performance*, International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 6(2), 2011, pp. 63-69.
4. *Adaptive Learning: An insider's view of how adaptive learning works*(2015),URL: <http://www.knewton.com/blog/adaptive-learning/> (датаобращения27 марта 2016).



5. A. Peña-Ayala *Educational data mining: A survey and a data mining-based analysis of recent works*, Research in Higher Education Journal, Expert Systems with Applications, 4(41), 2014, pp. 1432–1462.
6. А.В. Топчиев, В.А. Чулюков *Модели адаптивного обучения в компьютерных системах*, Современные наукоемкие технологии, Технические науки, №5, 2010, С. 62-68.
7. KNEWTON: *Образование на уровне атомов*(2013),URL: <http://www.edutainme.ru/post/knewton/>(датаобращения27 марта 2016).
8. *Что такое адаптивное обучение*(2014),URL: <http://www.edutainme.ru/post/что-такое-адаптивное-обучение/>(дата обращения27 марта 2016).
9. Shai Shalev-Shwartz *Online Learning and Online Convex Optimization*, Foundations and Trends in Machine Learning, Vol. 4, No. 2, 2011, pp. 107–194.
10. J. Duchi, E. Hazan, Y. Singer *Adaptive Subgradient Methods for Online Learning and Stochastic Optimization*,
11. M.D. Ekstrand, J.T. Riedl, J.A. Konstan *Collaborative Filtering Recommender Systems*, Foundations and Trends in Human–Computer Interaction, Vol. 4, No. 2, 2010, pp. 81–173.
12. P. Melville, R. J. Mooney, R.Nagarajan *Content-Boosted Collaborative Filtering for Improved Recommendations*, Proceedings of the Eighteenth National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-2002), pp. 187-192, July 2002, Edmonton, Canada.
13. M. Weimer, A. Karatzoglou, A. Smola *Adaptive Collaborative Filtering*, RecSys'08, pp. 275-282, October 23–25, 2008, Lausanne, Switzerland.

Н.К. Федюнин, И.В. Лёзина

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ РАДИАЛЬНО-БАЗИСНОЙ СЕТЬЮ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Временной ряд (или ряд динамики) — собранный в разные моменты времени статистический материал о значении каких-либо параметров (в простейшем случае одного) исследуемого процесса. Временной ряд существенно отличается от простой выборки данных, так как при анализе учитывается взаимосвязь измерений со временем, а не только статистическое разнообразие и статистические характеристики выборки [1]. Прогнозирование рядов динамики является распространенной задачей, решение которой несомненно важно не только экономистам, но и обычным людям.

Способности нейронных сетей к прогнозированию напрямую следуют из их способности к обобщению и выделению скрытых зависимостей между входными и выходными данными. После обучения сеть способна предсказать бу-



дущее значение некой последовательности на основе нескольких предыдущих значений и (или) каких-то существующих в настоящий момент факторов [2]. Для решения задачи была выбрана радиально-базисная сеть, простую структуру и быстро обучается [3]. В данной работе рассматривается прогнозирование временных рядов на примере курса доллара. Нейронная сеть обучается методом обратного распространения ошибки [4] и генетическим алгоритмом [5].

Цель обучения сети состоит в подборе таких значений весов нейронов, а также центров и радиусов функций, чтобы при заданных входных значениях получить такие выходные значения, которые будут достаточно близки к ожидаемым. В качестве источника данных была взята статистика курса доллара за период с 9 января 2012 года по 9 января 2014. Обучающий пример состоит из входных значений (значения курса доллара за предыдущие дни) и соответствующих выходных значений (ожидаемый курс доллара).

Для обучения радиально-базисной сети использовались следующие алгоритмы. Градиентный алгоритм наискорейшего спуска с обратным распространением ошибки. Оптимальные параметры данного алгоритма являются: коэффициент обучения  $\eta = 0,02$ ; среднеквадратичное отклонение на обучающей выборке – 0,02; количество нейронов входного слоя – 6; количество нейронов скрытого слоя – 30. Минусами данного метода являются вероятность попадания в локальный минимум целевой функции и высокая зависимость скорости обучения от значений весов нейронов, а также центров и радиусов радиально-базисных функций, заданных при инициализации. В данной работе также рассматривается генетический алгоритм – это стохастический алгоритм, используемый для оптимизации параметров сети путём случайного подбора, комбинирования и вариации искомым параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе. Генетическим алгоритмом обучалась сеть с 6 нейронами входного слоя и 30 нейронами скрытого. Оптимальными параметрами алгоритма на данной выборке являются размер популяции – 10, количество подвергающихся кроссоверу особей – 2, и коэффициент мутации – 0.01.

Была разработана автоматизированная система прогнозирования курса валют, проведен ряд исследований работы данной системы. Среднеквадратичное отклонение при различных параметрах сети находится в диапазоне от 0,2315 до 0,01919. Для сети с 30 нейронами в скрытом слое, обученной методом обратного распространения ошибки, среднеквадратичное отклонение равно 0,02167. Для сети, обученной с помощью генетического алгоритма среднеквадратичное отклонение – 0,01919.

Для сравнения скорости работы алгоритмов каждым из них было обучено 500 сетей с 6 нейронами входного и 30 нейронами до среднеквадратичного отклонения, равного 0,02. Максимальное время работы алгоритма – 60 секунд. Результаты сравнения представлены в таблице 1.



Таблица 1. Сравнение скорости работы

| Алгоритм обучения                                    | Среднее время, за которое сеть обучается успешно, с. | Процент сетей, которые не удалось обучить |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Градиентный спуск с обратным распространением ошибки | 12,33                                                | 26,4                                      |
| Генетический алгоритм                                | 21,6                                                 | 0                                         |

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод о хороших прогнозных возможностях радиально-базисной сети. Обучение генетическим алгоритмом в среднем занимает большее время, но он позволяет избежать попадания в локальные минимумы целевой функции.

### Литература

1. Временной ряд [Электронный ресурс] : Материал из Википедии — свободной энциклопедии : Версия 68261148, сохранённая в 12:48 UTC 30 января 2015 / Авторы Википедии // Википедия, свободная энциклопедия. — Электрон. дан. — Сан-Франциско: Фонд Викимедиа, 2015. — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/?oldid=68261148>
2. Искусственная нейронная сеть [Электронный ресурс] : Материал из Википедии — свободной энциклопедии : Версия 76906048, сохранённая в 10:18 UTC 21 марта 2016 / Авторы Википедии // Википедия, свободная энциклопедия. — Электрон. дан. — Сан-Франциско: Фонд Викимедиа, 2016. — Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/?oldid=76906048>
3. Лёзина, И.В. Автоматизированная система прогнозирования биржевых индексов с применением радиально-базисной сети [Текст]/И.В. Лёзина, Н.К. Федюнин//Наука и образование в жизни современного общества, том 5: сб. научных трудов по материалам международной научно-практической конференции 30 апреля 2015 г - ООО «Консалтинговая компания Юком».- Тамбов, 2015. – С. 77-78.
4. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст]/С.Осовский. – М.: Финансы и статистика, 2002 – 344 с.
5. Introduction to Genetic Algorithms [Электронный ресурс] // <http://www.obitko.com/tutorials/genetic-algorithms/>





<sup>1</sup>А.И. Хвостов, <sup>2</sup>А.А. Трешников, <sup>1</sup>Л.С. Зеленко

## АВТОМАТИЗАЦИЯ СБОРА ВОДНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ГЭС И ФОРМИРОВАНИЯ НОРМАТИВНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

(<sup>1</sup>Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

<sup>2</sup> ООО Научно-внедренческая фирма «Сенсоры. Модули. Системы»)

В соответствии с приказом Минэнерго России № 256 от 09.12.2008 г. на всех гидроэлектростанциях (ГЭС) Российской Федерации необходимо проводить ежедневный учет водно-энергетических показателей (ВЭП) их работы, таких как:

- среднесуточный напор воды;
- суточная выработка электроэнергии;
- средняя, минимальная и максимальная нагрузка ГЭС за сутки;
- уровень верхнего и нижнего бьефа;
- расход воды, проходящей через турбину и/или водосброс, затрачиваемый на ирригацию и т.п.

Отсутствие оперативного контроля за данными параметрами со стороны оператора может привести либо к неэффективной работе агрегата, либо к аварийным последствиям (нанесению вреда окружающей среде, затоплению прилегающих территорий и проч.). До настоящего времени контроль параметров осуществлялся оперативным персоналом дежурной смены электростанции по приборам, расположенным на рабочих местах и непосредственно на технологическом оборудовании, мнемосхемах, а также путем визуального осмотра оборудования. Результаты фиксировались вручную в первичных и плановых документах.

Количество водно-энергетических показателей постоянно растет и на текущий момент только для одной ГЭС может достигать сотен или даже тысяч, поэтому появилась необходимость автоматизировать весь процесс сбора ВЭП и их документирования, разработать соответствующую подсистему и интегрировать ее в единую информационную среду ГЭС (см. рис. 1).

Подсистема реализована по клиент-серверной архитектуре на языках JavaScript и C# с использованием технологии создания веб-приложений ASP.NET и MVC Framework. В качестве системы управления базой данных выбрана Microsoft SQL Server 2012.

Демилитаризованная зона предназначена для организации доступа к данным технологической сети из сети предприятия через сервер приложений ВЭП (по требованиям безопасности существует ограничение на доступ к данным технологической сети: данные можно прочитать в сеть предприятия, но передать данные из сети предприятия запрещено). В демилитаризованной зоне производится расчет водно-энергетических показателей, формируются и хра-



нятся отчетные документы, которые предоставляются для специалистов-технологов и обслуживающего персонала на автоматизированных рабочих местах (АРМ).

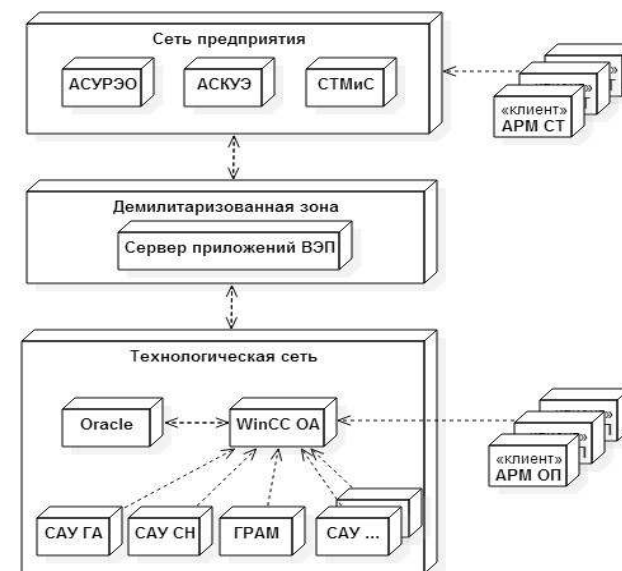


Рис. 1. Диаграмма развертывания подсистемы в информационной среде ГЭС

Структурная схема подсистемы приведена на рис. 2, в ее состав входят:

1 подсистема авторизации, которая отвечает за авторизацию пользователя и проверку правильности введенных данных;

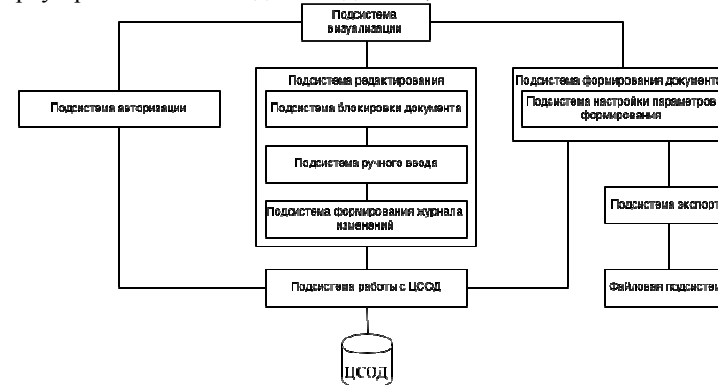


Рис. 2. Структурная схема подсистемы



2 подсистема формирования документов, занимающаяся созданием или получением документов на основании данных, полученных из центра сбора и обработки данных (ЦСОД). Включает в себя подсистему настройки параметров формирования, которая отвечает за выбор даты и дискретности документа, параметров графиков и может быть расширена в дальнейшем.

3 подсистема редактирования, которая отвечает за внесение изменений в сформированный документ и состоит из:

- подсистемы блокирования, которая запрещает изменение документа на время редактирования для всех пользователей, кроме текущего;
- подсистемы ручного ввода, которая отвечает за внесение изменений в документ и их проверку;
- подсистемы ведения журнала изменений, фиксирующей и сохраняющей все изменения;

4 подсистема экспорта, которая позволяет сохранить документ в файловой системе в форматах \*.pdf и \*.xls.

5 подсистема работы с ЦСОД отвечает за получение сформированных документов или значений параметров для их формирования, а также за запись информации обо всех блокировках документов и изменений значений;

6 подсистема визуализации, которая отвечает за отображение процесса работы с подсистемой.

Через главное меню подсистемы имеется доступ к следующим разделам:

- оперативные документы (суточные ведомости (на рис. 3 представлен документ «Суточная ведомость» за 15.02.2016, открыта таблица «Нагрузка ГЭС» и выбраны несколько параметров для отображения на графике), журнал водосбора, ведомость работы ГЭС за месяц);

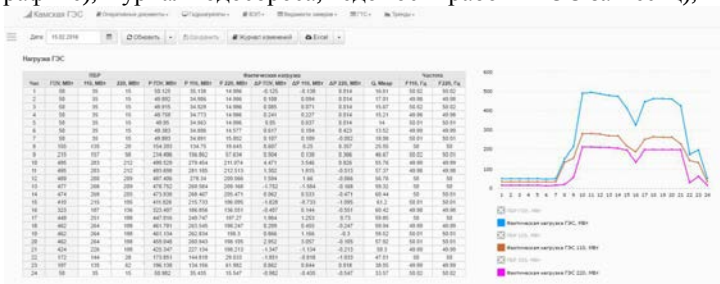


Рис. 3. Настройка параметров суточной ведомости

- гидроагрегаты (мнемосхема, наработка гидроагрегата (ГА), диаграмма наработки);
- водно-энергетические показатели (ВЭП-месяц, электроэнергия (генерация и перетоки по срезам), баланс электроэнергии);
- ведомости замера – месяц (уровень масла в баках, вибрация крестовины и биение вала).



При необходимости можно вводить данные вручную или редактировать значения параметров, в этом случае подсистема формирует журнал изменений, в котором фиксируются все действия пользователя (на рис. 4 представлен журнал изменений документа «Суточная ведомость» на 15.02.2016 с записью измененных значений в базу данных ЦСОД).

| Время                    | Таблица      | Параметр                   | Час | Старое значение | Новое значение | Пользователь  |
|--------------------------|--------------|----------------------------|-----|-----------------|----------------|---------------|
| 07 марта 2016 16:17:59   | Нагрузка ГЭС | Фактическая нагрузка Р 220 | 13  | 209.1675567627  | 123            | Администратор |
| 15 февраля 2016 02:00:00 | Нагрузка ГЭС | ПБР 110                    | 10  | 101             | 208            | Система       |
| 15 февраля 2016 02:00:00 | Нагрузка ГЭС | ПБР 110                    | 11  | 95              | 283            | Система       |
| 15 февраля 2016 02:00:00 | Нагрузка ГЭС | ПБР 110                    | 12  | 93              | 280            | Система       |
| 15 февраля 2016 02:00:00 | Нагрузка ГЭС | ПБР 110                    | 13  | 96              | 240            | Система       |
| 15 февраля 2016 02:00:00 | Нагрузка ГЭС | ПБР 110                    | 14  | 88              | 244            | Система       |
| 15 февраля 2016 02:00:00 | Нагрузка ГЭС | ПБР 110                    | 15  | 107             | 263            | Система       |
| 15 февраля 2016 02:00:00 | Нагрузка ГЭС | ПБР 110                    | 16  | 105             | 213            | Система       |
| 15 февраля 2016 02:00:00 | Нагрузка ГЭС | ПБР 110                    | 17  | 80              | 246            | Система       |
| 15 февраля 2016 02:00:00 | Нагрузка ГЭС | ПБР 110                    | 18  | 113             | 264            | Система       |
| 15 февраля 2016 02:00:00 | Нагрузка ГЭС | ПБР 110                    | 19  | 134             | 264            | Система       |
| 15 февраля 2016 02:00:00 | Нагрузка ГЭС | ПБР 110                    | 20  | 125             | 264            | Система       |
| 15 февраля 2016 02:00:00 | Нагрузка ГЭС | ПБР 110                    | 21  | 257             | 264            | Система       |
| 15 февраля 2016 02:00:00 | Нагрузка ГЭС | ПБР 110                    | 22  | 97              | 191            | Система       |
| 15 февраля 2016 02:00:00 | Нагрузка ГЭС | ПБР 110                    | 23  | 35              | 132            | Система       |
| 15 февраля 2016 02:00:00 | Нагрузка ГЭС | ПБР 110                    | 8   | 35              | 142            | Система       |
| 15 февраля 2016 02:00:00 | Нагрузка ГЭС | ПБР 110                    | 9   | 85              | 157            | Система       |

Рис. 4. Журнал изменений документа «Суточная ведомость» на 15.02.2016 г.

Кроме того, подсистема позволяет:

- вести эксплуатационные записи и экспортировать документы в файлы формата \*.xls и \*.pdf;
- кешировать сформированные документы и сохранять их в бинарном виде в файловой системе с целью увеличения скорости открытия документа без необходимости ожидания загрузки;
- просматривать графики по значениям параметров документов (на рис. 5 представлен график по значению параметра  $\Sigma_{\text{сут}}$  документа ВЭП-месяц).
- по расписанию или по факту подписания отправлять на определенный список почтовых адресов сформированный документ (на рис. 6 приведена форма настроек отправки).

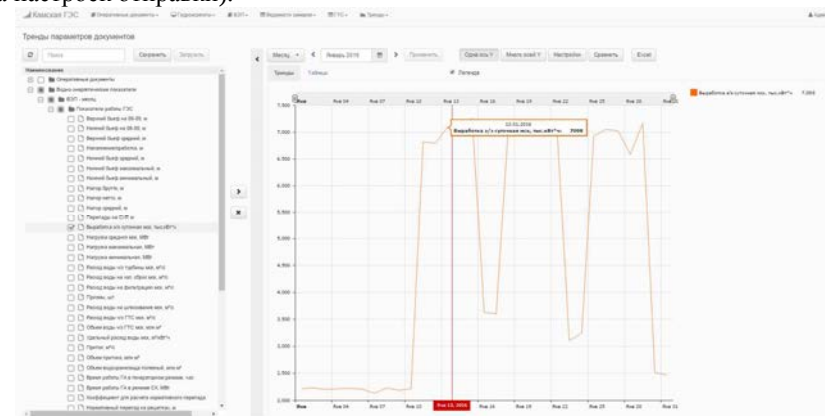


Рис. 5. Просмотр графика по выработке за январь 2016 г.

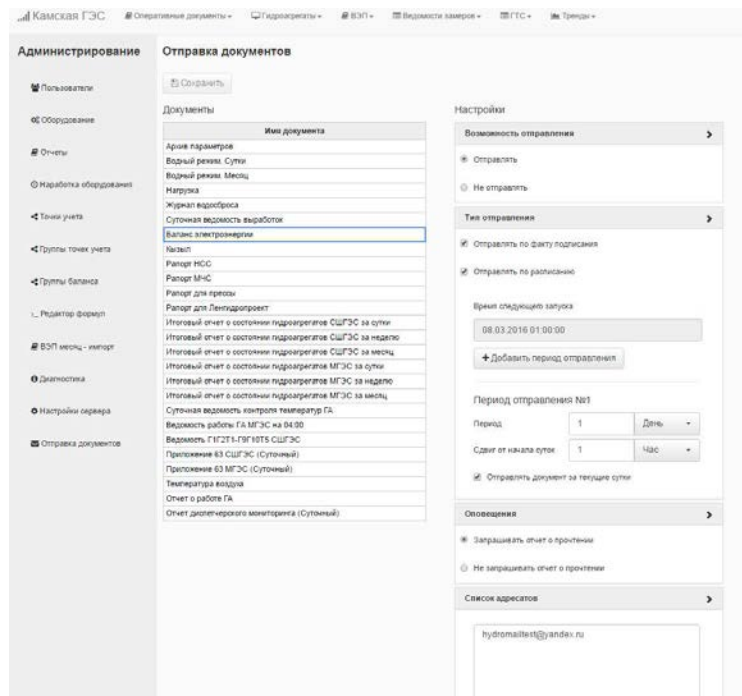


Рис. 6. Настройки отправки по почте

В заключение хотелось бы отметить, что автоматизация всех процессов, связанных с обработкой, формированием и документированием водно-энергетических показателей ГЭС, позволила повысить достоверность и актуальность информации, а также увеличить скорость оперативной реакции на ее изменения.

Н.Н. Хрисанов

## О ПОВЫШЕНИИ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ

(Самарский государственный технический университет)

Значительное повышение быстродействия АЦП последовательного приближения возможно за счет применения нескольких ЦАП, а также за счет применения оптимальной стратегии подбора кода, учитывающей как вероятностные характеристики преобразуемого сигнала, так и динамические параметры ЦАП [1].



Возможная структура такого АЦП приведена на рис.1, где:  $CC_1 - CC_k - k$  схем сравнения;  $ЦАП_1 - ЦАП_k - k$  цифро-аналоговых преобразователей;  $\Gamma$  - генератор тактовых импульсов;  $Tr$  - триггер;  $Сч$  - счетчик;  $Rг$  - регистр;  $ПЗУ$  - постоянное запоминающее устройство.

Алгоритм подбора кода в процессе аналого-цифрового преобразования определяется содержимым ПЗУ, на старшие адресные входы которого подаются результаты сравнения преобразуемого напряжения с напряжениями, формируемыми с помощью цифро-аналоговых преобразователей  $ЦАП_1 - ЦАП_k$ , а на младшие адресные входы – код с первых выходов регистра  $Rг$  (который подается на вход первого ЦАП). Вместо ПЗУ возможно применение флеш памяти, что позволяет оперативно менять алгоритм аналого-цифрового преобразования.

На рис.2 показан возможный алгоритм подбора кода для АЦП, содержащего 4 ЦАП в виде графа. В вершинах графа на рис. 2 записаны значения выходных кодов (в десятичной системе счисления), подаваемых соответственно с первого по четвертый ЦАП. Самая левая ветвь графа соответствуют случаю, когда  $U_{BX} < U_{ЦАП4} < U_{ЦАП3} < U_{ЦАП2} < U_{ЦАП1}$ , эта ветвь графа помечена комбинацией «0000» (результат сравнения на выходах схем сравнения, причем первая цифра соответствует выходу первой схемы сравнения, вторая – второй и т.д.). Следующая ветвь слева соответствует случаю  $U_{ЦАП4} < U_{BX} < U_{ЦАП3} < U_{ЦАП2} < U_{ЦАП1}$  и обозначены как «1000» и т.д. Процесс подбора кода производится до достижения висячей вершины. Код, указанный на рис. 2 в прямоугольниках, будет соответствовать входному напряжению  $U_{BX}$ . Из рис.2 следует, что выходные коды 6,7,8 могут быть получены за один такт преобразования, коды 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12 за два такта, и коды 0, 1, 13, 14, 15 за три такта работы устройства. В обычном 4-х разрядном АЦП последовательного приближения, требуется 4 такта при любом значении входного напряжения.

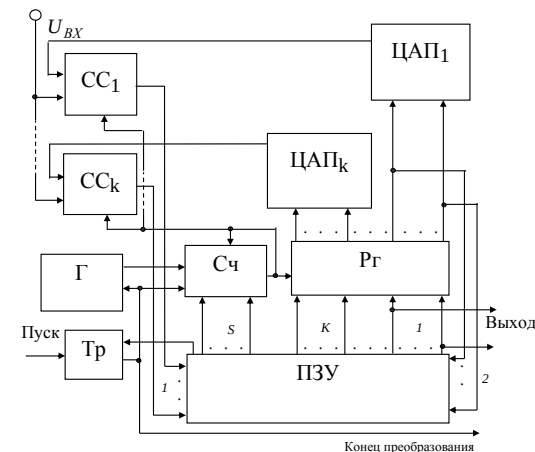


Рис. 1. Структура АЦП

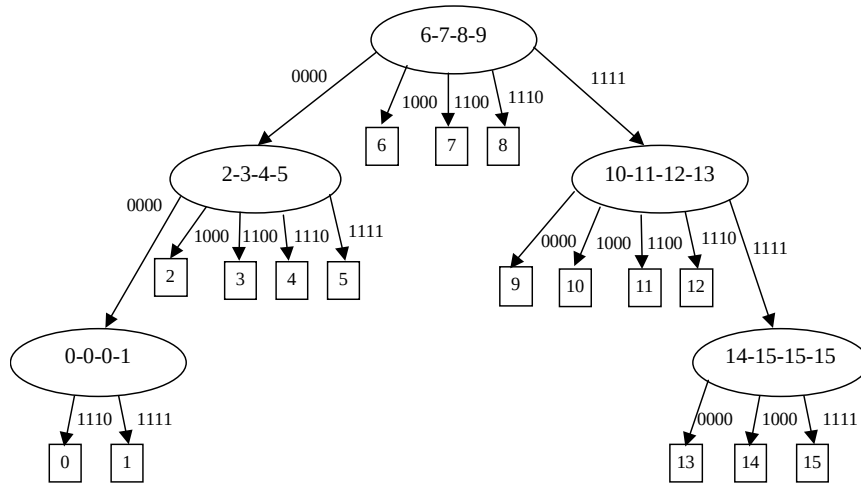


Рис. 2. Алгоритм подбора кода для 4-х разрядного АЦП с четырьмя ЦАП

Время преобразования для рассматриваемого АЦП является случайной величиной. В [2] показано, что среднее время преобразования и для АЦП с одним ЦАП равно

$$C[\sigma(\Omega_i)] = \frac{1}{\tilde{Q}_i} \left\{ \tau_{ji} + \sum_{p=2}^{k-1} \left[ \tau_{jpj_{p-1}} \sum_{u=p}^k \tilde{Q}_u^i \right] + \sum_{p=1}^k C[\sigma(\Omega_{j_p}^i)] \tilde{Q}_{j_p}^i \right\}$$

где:  $\tilde{Q}_i$  - вероятность  $i$ -го выходного кода;  $\tau_{ij}$  - время установления напряжения на выходе ЦАП, при подаче на его вход  $j$ -го кода, если перед ним был  $i$ -й код.

Для АЦП с  $v$  ЦАП среднее время преобразования равно :

$$C[\sigma(\Omega_i^r)] = \frac{1}{\tilde{Q}_i} \left\{ \sum_{l=1, v+1, 2v+1, \dots}^{k-1} \left[ \tau_{l, l+v-1}^{\max} \sum_{u=l}^k \tilde{Q}_u^i \right] + \sum_{l=1}^k \tilde{Q}_l^i C[\sigma(\Omega_l^i)] \right\}$$

где  $\tau_{l, l+v-1}^{\max} = \max(\tau_{l, l}, \tau_{l+1, l}, \dots, \tau_{l+v-1, l+v})$ .

В ряде случаев, если не известны вероятности выходных кодов  $Q$ , целесообразно использовать минимаксный критерий:

$$R[\sigma(\Omega_i)] = \min \left\{ \max_{1 \leq j \leq k-1} \left[ \tau_{i1} + \sum_{l=2}^j \tau_{l-1, l} + R[\sigma(\Omega_j)] \right] \right\}$$



$$\left[ \tau_{i1} + \sum_{l=2}^{k-1} \tau_{l-1, l} + R[\sigma(\Omega_k)] \right]$$

Пусть входной сигнал  $x$  изменяется в пределах  $[0, x_m]$ , закон распределения входного сигнала – нормальный, математическое ожидание равно  $m_x = x_m / 2$ , среднеквадратичное отклонение  $\sigma$ . На рис. 3 приведена зависимость среднего времени преобразования для 8-ми разрядного АЦП от отношения  $x_m / \sigma$ , для различных значений  $v$  - количества ЦАП. Величина среднего времени преобразования нормирована к величине максимального значения одного такта преобразования (времени необходимого для установления напряжения на выходе ЦАП при изменении от нуля до уровня, соответствующего середине диапазона).

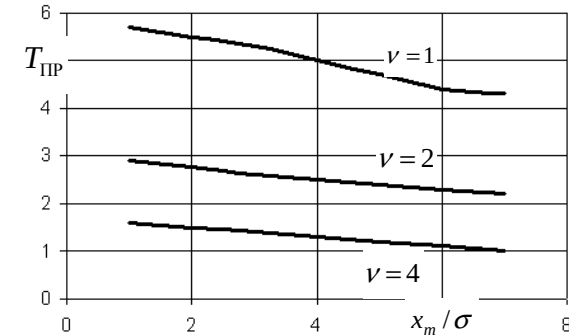


Рис. 3. Зависимость среднего времени преобразования от с.к.о. входного сигнала

Из рис. 3 следует, что применение большего количества ЦАП, учет вероятностных характеристик входного сигнала и динамических параметров ЦАП позволяет значительно повысить быстродействие АЦП последовательного приближения. Заметим, что для обычного 8-разрядного АЦП  $T_{ПР} = 8$ .

### Литература

1. Пат. 2183381 России МКИЗ Н03М 1/26. Аналого-цифровой преобразователь / Н.Н. Хрисанов(Россия); №2001108023/09; заявлено 26.03.2001; Опубл. 10.06.2002. Бюл. №16.
2. Хрисанов Н.Н. Аналого-цифровые преобразователи с использованием произвольного числа развертывающих функций // Вестник СамГТУ, серия "Технические науки", вып. № 15 / Самарский госуд. техн. ун-т. - 2002, стр.98-102.



Г.Ш. Цициашвили, М.А. Осипова, А.С. Лосев

## ВЕРОЯТНОСТЬ НЕСВЯЗНОСТИ ГРАФА НА ДВУМЕРНОМ МНОГООБРАЗИИ

(ИПМ ДВО РАН, ДВФУ)

### Введение

Рассмотрим неориентированный связный граф  $G$  с множеством вершин  $U$  и множеством ребер  $V$ , уложенный на двумерном многообразии  $S$  так, что его ребра не пересекаются в своих внутренних точках. Полагаем, что ребра графа  $G$  независимо отказывают с вероятностью  $h$ . Нашей задачей является вычисление асимптотики вероятности несвязности  $P_h$  графа  $G$  при  $h \rightarrow 0$ .

В силу формулы Буртина-Питтеля [1]  $P_h : c_m h^m, h \rightarrow 0$ , где  $m$  - минимальная длина коцикла графа  $G$ , а  $c_m$  - число таких коциклов. По определению разрез графа - совокупность ребер, удаление которых делает его несвязным, а коцикл - минимальный по теоретико-множественному включению разрез. Эта формула была применена к планарным графам и графам, уложенным на торе, и было обнаружено, что в некоторых случаях точность асимптотической формулы является недостаточной.

В настоящей работе формула Буртина-Питтеля уточнена применительно к графам, уложенным на двумерном многообразии достаточно общего вида, имеющем плоскую развертку. Такая постановка задачи вытекает из моделей наноструктур [2], фуллеренов и графенов [3]. Для ее решения используется соответствие между коциклами графа  $G$  и простыми циклами в двойственном графе  $G^*$ , а также формулы для подсчета числа простых циклов [4, 5]. Под двойственным понимаем граф, в котором вершинами являются грани графа  $G$ , а ребрами являются ребра графа  $G$ , разделяющие грани.

### 1. Основной результат

Пусть множество  $V$  состоит из  $n$  ребер. Обозначим  $C_k$  множество всех коциклов длины  $k$  (содержащих  $k$  ребер), а  $c_k$  число коциклов длины  $k$ . Тогда множество  $C$  всех коциклов графа  $G$  удовлетворяет равенству

$$C = \bigcup_{m \leq k \leq n} C_k. \quad (1)$$

В силу (1)  $P_h = F(C)$ , где  $F(C')$  вероятность отказа всех ребер какого-либо коцикла, входящего в множество  $C'$ ,  $C' \subseteq C$ . Определим

$$A = \bigcup_{m \leq k < l} C_k, B = \bigcup_{l \leq k \leq n} C_k, C = A \cup B.$$

**Лемма 1.** Для любого  $l > 1$  справедлива следующая формула

$$P_h = F(A) + O(h^l), h \rightarrow 0. \quad (2)$$



**Доказательство.** По определению

$$P_h = F(A \cup B) = F(A) + F(B) - F(A \cap B),$$

причем

$$F(A \cap B) \leq F(B) \leq \sum_{l \leq k \leq n} F(C_k) = \sum_{l \leq k \leq n} c_k h^k = O(h^l).$$

Отсюда следует формула (2). Лемма доказана.

**Условие двойственности.** Для любого  $k, m \leq k < l(m)$ , между коциклами длины  $k$  в графе  $G$  и простыми циклами длины  $k$  в двойственном графе  $G^*$  существует взаимно-однозначное соответствие. Здесь

$$l = l(m) = \min\{k : k = 1, 2, \dots, k \geq 3m/2\}.$$

**Замечание.** Из теоремы Уитни [6, Теорема 1.5] следует, что это условие для планарного графа выполняется.

**Лемма 2.** В графе  $G$  для любых коциклов  $a \in C_k, b \in C_t, m \leq k, t < l(m)$ , число ребер  $L$  в объединении  $a \cup b$  больше или равно  $l(m)$ .

**Доказательство.** Обозначим  $a^*, b^*$  простые циклы, соответствующие коциклам  $a, b$ , соответственно. Тогда число  $L$  равно числу ребер в объединении  $a^* \cup b^*$ . Если у циклов  $a^*, b^*$  не более одной общей вершины, то  $L \geq 2m$ , где  $m$  - минимальная длина цикла в двойственном графе  $G^*$  по определению.

Пусть теперь у циклов  $a^*, b^*$  есть хотя бы две общие вершины 1, 2. Будем двигаться по часовой стрелке вдоль циклов  $a^*, b^*$ , начиная с вершины 1, до вершины 2 (рис. 1). Пусть  $k_a, k_b$  число ребер на пути 1, 2 в циклах  $a^*, b^*$ , соответственно, а  $K_a$  число ребер в цикле  $a^*$ . По определению  $L \geq K_a + k_b$ ,

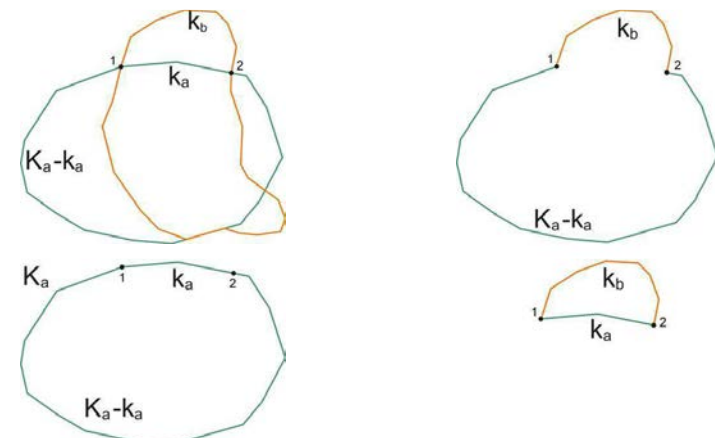


Рис. 1. Графическая иллюстрация доказательства



причем в объединении циклов  $a^*, b^*$  можно выделить три простых цикла с числом ребер  $K_a \geq m$ ,  $k_a + k_b \geq m$ ,  $k_b + K_a - k_a \geq m$ . Суммируя эти неравенства, имеем  $2(K_a + k_b) \geq 3m$ , следовательно,  $L \geq 3m/2$  и  $L \geq l(m)$ .

**Теорема 1.** При выполнении условия двойственности для графа  $G$ , уложенного на двумерном многообразии  $S$ , справедлива формула

$$P_h = \sum_{m \leq k < l} c_k h^k + O(h^l), h \rightarrow 0. \quad (3)$$

**Доказательство.** В силу леммы 1 достаточно доказать, что

$$F(A) = \sum_{m \leq k < l} c_k h^k + O(h^l), h \rightarrow 0. \quad (4)$$

Потребуется следующие соотношения:

$$\sum_{m \leq k < l} F(C_k) - \sum_{m \leq k < l} F(C_k \cap C_l) \leq \sum_{m \leq k < l} F(C_k), \quad (5)$$

$$\sum_{f \in C_k} F(f) - \sum_{f, g \in C_k, f \neq g} F(f \cup g) \leq F(C_k) \leq \sum_{f \in C_k} F(f), \quad (6)$$

$$\sum_{f \in C_k} F(f) = c_k h^k, k \geq 1, F(C_k \cap C_l) \leq \sum_{f \in C_k, g \in C_l} F(f \cup g). \quad (7)$$

В силу леммы 2

$$F(f \cup g) = O(h^l), f \in C_k, g \in C_l, m \leq k \leq l, f \neq g. \quad (8)$$

Из соотношений (5) - (8) получаем формулу (4) и вытекающую из нее формулу (3). Теорема доказана.

## 2. Вычислительные эксперименты

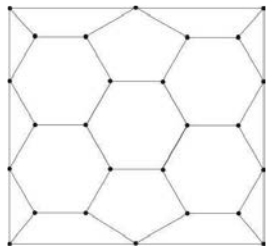


Рис. 2. Планарный граф

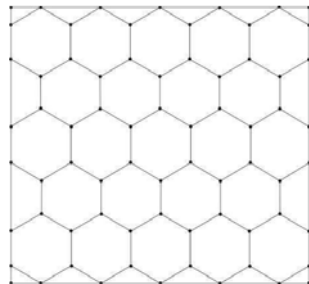


Рис. 3. Граф, уложенный на торе

Рассмотрим связный планарный граф  $G$  (рис. 1). В этом графе  $m = 3$ ,  $l = 5$ ,  $c_3 = 22$ ,  $c_4 = 33$ . Вероятность несвязности графа рассчитывалась методом Монте-Карло с  $10^6$  числом реализаций (результат обозначен  $P_{MC}$ ), по формуле Буртина-Питтеля (результат обозначен  $P_{BP}$ ) и по асимптотической



формуле (3) (результат обозначен  $P_h$ ). Полученные результаты вместе с относительными погрешностями вычислений  $\Delta_{BP}$ ,  $\Delta_h$

$$\Delta_{BP} = \frac{|P_{MC} - P_{BP}|}{P_{MC}}, \Delta_h = \frac{|P_{MC} - P_h|}{P_{MC}}$$

занесены в таблицу.

| Планарный граф |          |          |            |               |            |
|----------------|----------|----------|------------|---------------|------------|
| $h$            | $P_{MC}$ | $P_{BP}$ | $P_h$      | $\Delta_{BP}$ | $\Delta_h$ |
| 0,01           | 0,000023 | 0,000022 | 0,00002233 | 0,043         | 0,029      |
| 0,02           | 0,000179 | 0,000176 | 0,000176   | 0,017         | 0,011      |

Тор имеет плоскую развертку в виде квадрата со склеивающимися противоположными сторонами. Рассмотрим граф  $G$ , уложенный на торе (рис. 3), вершины которого на сторонах квадрата при склеивании противоположных сторон склеиваются. В этом графе минимальная длина пояса, нестягиваемого на торе непрерывно в точку равна  $l = 5$ ,  $m = 3$ ,  $c_3 = 42$ ,  $c_4 = 57$ . Результаты вычислений приведены в таблице.

| Граф, уложенный на торе |          |          |            |               |            |
|-------------------------|----------|----------|------------|---------------|------------|
| $h$                     | $P_{MC}$ | $P_{BP}$ | $P_h$      | $\Delta_{BP}$ | $\Delta_h$ |
| 0,01                    | 0,000043 | 0,000042 | 0,00004257 | 0,023         | 0,01       |
| 0,02                    | 0,000361 | 0,000336 | 0,00034512 | 0,069         | 0,044      |

## Литература

- Буртин Ю., Питтель Б. Асимптотические оценки надежности сложных систем// Техническая кибернетика, 1972. Т. 10. № 3. С. 90-96.
- Еняшин А.Н., Ивановский А.Л. Электронные энергетические и термические свойства ленты Мебиуса и родственных кольцевых наноструктур  $NbS_3$ // Физика твердого тела. 2006. Т. 48, вып. 4. С. 732-736.
- Buchstaber V.M., Erokhovets N.Yu. Graph-truncations of simple polytopes// Proc. of Steklov Math. Inst. Maik. Moscow. 2015. Vol. 285.
- Harary F., Manvel B. On the Number of Cycles in a Graph// Matematiky casopis, 1971. Vol. 21. No. 1. P. 55-63.
- Воропаев А.Н. Вывод явных формул для подсчета циклов фиксированной длины в неориентированных графах// Информационные процессы, 2011. Т. 11. № 1. С. 90-113.
- Прасолов В.В. Элементы комбинаторной и дифференциальной топологии. М.: МЦНМО. 2004.





Н.Г. Чернобровин, Г.А. Боднарчук, А.О. Новиков

## ИНТЕГРАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА БИПОЛЯРНЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Задача обеспечения надежности РЭС не может быть решена только совершенствованием технологии ее изготовления, поэтому особую роль в современных условиях приобрели методы и средства отбора элементной базы с повышенной степенью надежности ее работы в электронных схемах. Перспективным направлением в этой области является диагностический неразрушающий контроль электро-радиоизделий (ЭРИ), не снижающий, в отличие от метода электро-термотренировки ресурса испытываемых изделий и характеризующийся меньшими трудоемкостью и энергопотреблением.

Однако обеспечение информативности такого контроля для ЭРИ на основе полупроводниковых биполярных структур не является простой задачей.

Современные методы диагностики, ввиду многообразия типов дефектов кристаллической структуры полупроводника и процессов деградации, возникающих на поверхности кристалла, способны обеспечить приемлемую достоверность результатов диагностики всех областей биполярных структур только при условии их комплексного сочетания, что и обусловило необходимость применения достаточно большого числа взаимодополняющих методов, требующих большой номенклатуры испытательного оборудования и значительных затрат времени. Следовательно, актуальной является разработка способа интегральной диагностики таких структур, реализуемого в одном цикле на одном рабочем месте.

Рассматривается методика отбраковки дефектных биполярных структур, основанная на эффекте отрицательного дифференциального сопротивления в динамическом режиме питания высокочастотным напряжением [1]. Вольт-амперная характеристика при этом имеет S-образный характер с гистерезисной зоной. На рис.1 представлена S-образная характеристика  $U_{\Sigma}$  ( $U_{\Sigma}$ ) транзистора 2Т831А, где  $U_{\Sigma}=I_{\Sigma}R_{\Sigma}$  амплитуда напряжения на токоизмерительном резисторе в цепи эмиттера,  $U_{\kappa}$ -амплитуда напряжения питания на частоте 1МГц. Анализ токов и (или) напряжений в характерных точках динамической характеристики позволяет проводить интегральную диагностику биполярной структуры и отбраковку экземпляров со скрытыми дефектами. При этом  $U_{\kappa}$  в диапазоне тестового воздействия значительно ниже напряжения лавинного пробоя p-n переходов структуры, что гарантирует неразрушающий характер диагностики.

Значения токов и (или) напряжений в точках 1-5 S-образной характеристики диагностируемой структуры образуют вектор наблюдений



(информативных параметров), который с помощью решающего правила (оператора классификации) определяет принадлежность данного экземпляра определенному классу потенциальной надежности.

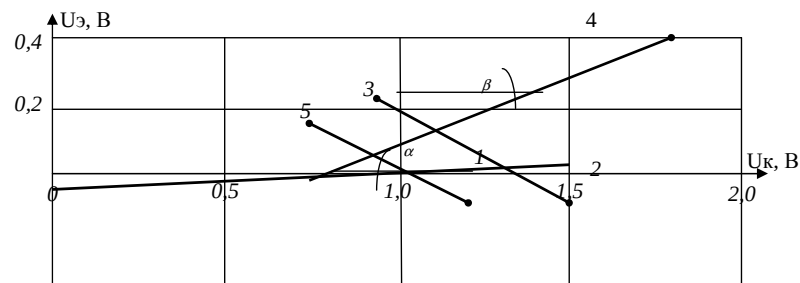


Рисунок 1. S-образная характеристика транзистора 2Т831А

Выбор метода построения оператора осуществлен исходя из того, что наиболее простыми являются линейные классификаторы, которые могут быть оптимальными в байесовском смысле для нормальных распределений с равными ковариационными матрицами классов. Так как условия нормальности и равенства ковариационных матриц классов выполняются не всегда, то имеет смысл использовать линейные классификаторы не зависящие от вида распределения [2]:

$$g(X) = B^T X + \Pi > 0 \Rightarrow X \in \{K_1, K_2\}. \quad (1)$$

Линейную, относительно вектора  $X$  функцию  $g(X)$  называют линейной разделяющей или дискриминантной функцией. Нахождение классификатора, в данном случае, сводится к определению оптимальных по некоторому критерию коэффициентов  $B = [b_1, b_2, \dots, b_k]$  и значения порога  $\Pi$ .

Определение фактического класса потенциальной надежности проведено на основе ускоренных испытаний транзисторов на безотказность в соответствии с методикой, описанной в технических условиях.

Проверка пригодности полученного классификатора для прогнозирования класса новых экземпляров, неиспользовавшихся в обучающем эксперименте, производится сравнением значения вероятности ошибочных решений с допустимым.

Разработана прикладная программа "ProgKontrol", предназначенная для статистической обработки массива (базы) исходных данных, подготовки их к обучающему эксперименту, вычислению по ним оператора прогнозирования и для прогнозирования по полученному оператору других массивов данных.

Исходный текст программы написан на языке Object Pascal в среде Delphi версии 3.0.



Разработан комплекс аппаратно-программных средств, позволяющих создать автоматическое рабочее место входного контроля биполярных транзисторов.

### Литература

1. Чернобровин Н.Г., Дмитриев В.Д., Пиганов М. Н., Новиков С.А. Способ отбраковки биполярных транзисторов. Описание изобретения к авторскому свидетельству, МПК G01 R 31/26 №1825155
2. Фукунага К. Введение в статистическую теорию распознавания образов/ К. Фукунага.:Пер. с англ.-М.:Наука, 1979.-368 с.

Н.А. Шарафутдинов, М.Н. Осипов, Ю.Д. Щеглов, Н.С. Знаменщикова

### ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ СПЕКЛ-ИНТЕРФЕРОМЕТРИИ НА ОДИНОЧНОМ СПЕКЛЕ В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева)

При исследовании как статических, так и динамических процессов в элементах конструкций особое внимание в настоящее время уделяется интерферометрическим методам, основанных на применении цифровой спекл-интерферометрии [1-3]. Спекл-интерферометрия в настоящий момент является одним из основных оптических методов, как при фундаментальных исследованиях различных задач механики, так и при практическом контроле и разработке новых элементов конструкций в различных областях промышленности, поскольку является методом неразрушающих исследований, бесконтактным, и, следовательно, не влияющим на происходящие процессы и результаты измерений. Следует также отметить, что спекл-интерферометрия обладает интерферометрической точностью и не предъявляет жестких требований к оптической схеме по сравнению с голографической интерферометрией. Указанные характеристики спекл-интерферометрии позволяют использовать данный метод в условиях приближенных к промышленным.

В работах [4-6] представлен новый метод спекл-интерферометрии на одиночном спекле, который наиболее применим для исследования вибрационных процессов в условиях приближенных к промышленным и в широком диапазоне амплитуд и частот. В данных работах изменение интенсивности света одиночного спекла, регистрируемое точечным быстродействующим фотодетектором, описывается следующим выражением:

$$u(t) = A + B \cos[\delta\varphi - \varphi(t)], \quad (1)$$

где  $u(t)$  – выходное напряжение электрической схемы фотоприемника;

$A$  – выходное напряжение смещения, которое связано со средней интенсивностью спекла;



$B$  – амплитуда полезного выходного напряжения, которое определяется параметрами оптико-электронной схемы;

$\delta\varphi$  – начальное значение разности фаз между опорным и объектным пучками в плоскости регистрации, оно может меняться, но остается постоянным во время измерений;

$\varphi(t)$  – изменение фазы спекла, которое связано с изменением оптического пути при динамических смещениях исследуемой поверхности.

Из анализа выражения (1), как показано в работах [4-6], следует, что поведение выходного напряжения с фотодетектора имеет сложный характер и при колебаниях исследуемой поверхности на величину меньше  $\lambda/8$  (где  $\lambda$  – длина волны лазерного излучения) выходное напряжение фотодетектора должно соответствовать данному перемещению, а при перемещениях больше  $\lambda/8$ , вид выходного напряжения фотодетектора не соответствует данному перемещению. Однако в указанных работах не проанализировано влияние начального значения разности фаз между опорным и объектным пучками в плоскости регистрации одиночного спекла, на поведение выходного напряжения фотодетектора.

На Рис. 1 и Рис. 2 представлены графики теоретических расчетов выходного сигнала фотодетектора для  $\delta\varphi=0$ ,  $\delta\varphi=\pi/2$ ,  $\delta\varphi=\pi/4$ , и значений амплитуд колеблющейся исследуемой поверхности  $a=\lambda/12$ , и  $a=\lambda$ . Значение напряжения выходного сигнала и амплитуда колебаний исследуемой точки поверхности представлены в относительных единицах.

Из представленных графиков следует, что при собственных колебаниях исследуемой поверхности с амплитудой меньше  $\lambda/8$  выходное напряжение фотодетектора полностью соответствует колебаниям локальной точки исследуемой поверхности только при  $\delta\varphi=\pi/2$ . При  $\delta\varphi=0$  амплитуда колебаний выходного напряжения фотодетектора соответствует амплитуде колебаний локальной точки исследуемой поверхности, а частота колебаний выходного напряжения фотодетектора вдвое больше частоты колебаний локальной точки исследуемой поверхности. При  $\delta\varphi=\pi/4$  происходит искажение амплитуды колебаний выходного напряжения фотодетектора относительно амплитуды колебаний локальной точки исследуемой поверхности с сохранением частотного соответствия.

При измерении собственных колебаний исследуемой поверхности с амплитудой колебаний больше  $\lambda/8$ , выходное напряжения фотодетектора имеет вид осциллирующих пакетов при всех значениях  $\delta\varphi$ . Число осцилляций внутри пакета пропорционально удвоенной амплитуде колебаний локальной точки исследуемой поверхности. Одна полная осцилляция внутри пакета соответствует перемещению локальной точки исследуемой поверхности на величину равную  $\lambda/2$ . При этом частота следования осциллирующих пакетов равна удвоенной частоте колебаний исследуемой поверхности.

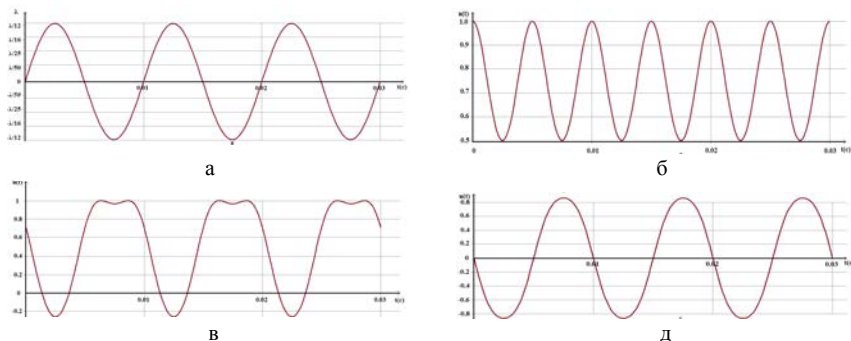


**Рис. 4.** а) Форма колебаний исследуемой поверхности с амплитудой  $a = \lambda/12$ ; б) Вид выходного напряжения с фотодетектора при  $\delta\varphi = 0$ ; в) Вид выходного напряжения с фотодетектора при  $\delta\varphi = \pi/4$ ; д) Вид выходного напряжения с фотодетектора при  $\delta\varphi = \pi/2$ .

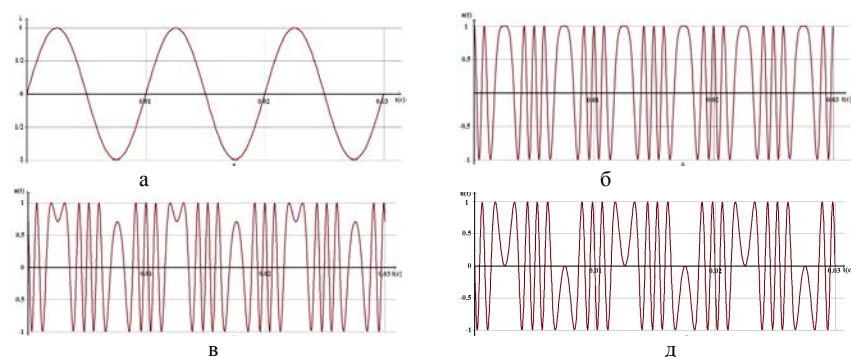


**Рис.2.** а) Форма колебаний исследуемой поверхности с амплитудой  $a = \lambda$ ; б) Вид выходного напряжения с фотодетектора при  $\delta\varphi = 0$ ; в) Вид выходного напряжения с фотодетектора при  $\delta\varphi = \pi/4$ ; д) Вид выходного напряжения с фотодетектора при  $\delta\varphi = \pi/2$ .

Таким образом, предлагаемый способ исследования колебаний поверхности на основе спекл-интерферометрии одиночного спекла позволяет проводить измерения с высокой точностью и в широком амплитудном и частотном диапазонах.

#### Благодарности

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 15-08-06330-а и № 16-08-00571-а.

#### Литература

1. Rastogi P.K., Digital Speckle Pattern Interferometry and Related Techniques, Wiley, England, 2001.
2. Yamaguchi I., Holography, speckle, and computers. Optics and Lasers in Engineering. 39, (2003), pp. 411–429.



3. Mohan N.K., Rastogi P., Recent developments in digital speckle pattern interferometry. Optics and Lasers in Engineering. 40, (2003), pp. 439–445.

4. Осипов, М.Н., Хохлов, В.А. Чекменев А.Н. Развитие цифровой спекл-интерферометрии для исследования динамических процессов в реальном времени. // Вестник Самарского государственного университета. - 2013. - №9/2(110). – С. 109-118.

5. Осипов М.Н., Шарафутдинов Н.А., Щеглов Ю.Д., Фалилеев И.Н., Федина М.Е. Автоматизированный комплекс определения форм и частотных характеристик собственных колебаний. Известия Самарского центра РАН. 2015. т.17, № 2(5). С. 1072-1075.

6. Michael Osipov, Nikita Sharafutdinov, Yury Sheglov, Ivan Falileev, Mariya Fedina. Determination of frequency characteristics of mechanical constructions in real time by speckle interferometry. // Procedia Engineering, Volume 106, 2015, pp. 224–230, doi:10.1016/j.proeng.2015.06.028.

А.В. Шишлаков<sup>а</sup>, В.Ф. Шишлаков<sup>б</sup>

#### ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС НАСТРОЙКИ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ

<sup>а</sup>ОАО «Концерн «Научно-производственное объединение «Аврора»»,  
<sup>б</sup>Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения)

Создание систем автоматического управления (САУ) электроэнергетическими объектами [1 – 4] предполагает синтез алгоритма управления с помощью программного комплекса, реализующего метод решения задач синтеза и оптимизации нелинейных систем, математическую основу которого составляет обращение обобщенного метода Галеркина [5 – 7].

Разработанный программный комплекс [6, 8], реализующий обобщенный метод Галеркина, дает возможность осуществлять проектирование сложных, существенно нелинейных систем автоматического управления различных классов с оптимизацией их параметров по различным критериям оптимальности.

Программный комплекс, построен по блочно-модульному принципу, что делает его универсальным и дает возможность использовать основной блок комплекса для синтеза элементов, устройств и систем управления различных классов и структур, динамика которых описывается нелинейными дифференциальными уравнениями произвольного (в общем случае  $n$ -го) порядка. Входящие в состав программного комплекса модули объединены общим интерфейсом (рис. 1, 2).

При формировании уникального программного обеспечения для решения задачи синтеза алгоритма управления конкретной САУ в диалоговом режиме пользователь должен выполнить следующие операции:

- задать класс рассматриваемой системы (линейная или нелинейная);



- определить тип модулятора, стоящего в САУ (или в случае непрерывной системы указать на его отсутствие);
- задать вид и параметры внешнего входного воздействия и желаемого программного движения;
- из каталога нелинейных характеристик выбрать требуемые и задать их параметры (пример диалогового окна показан на рисунке 2);
- задать количество варьируемых параметров и границы изменения их возможных значений;
- определить число этапов и точность поиска значений варьируемых параметров, а также количество шагов на каждом этапе.

Таким образом, с помощью программного комплекса определяются значения варьируемых параметров, доставляющие минимум соответствующей целевой функции, что является косвенной оценкой степени приближения процесса в САУ с синтезированными параметрами к заданному желаемому программному движению. Полученные в результате решения задачи синтеза параметры будут обеспечивать в системе управления приближенное воспроизведение заданных показателей качества ее работы в переходном режиме.

Если же в области заданных ограничений на значения варьируемых параметров  $c_k$  не будет найдено ни одно сочетание, обеспечивающее выполнение условий устойчивости или минимизации целевой функции, то программа выдаст соответствующую информацию. В этом случае пользователю программного комплекса следует повторить решение задачи после выполнения следующих рекомендаций:

- изменить ограничения на значения варьируемых параметров;
- изменить параметры желаемого программного движения;
- усложнить структуру синтезируемого регулятора.

Все указанные рекомендации возможно выполнить, если это допускается условиями проектирования. Обоснованность подобных рекомендаций обусловлена следующим. При проектировании нелинейных САУ достаточно сложно задать заведомо реализуемое при заданной структуре системы и регулятора программное движение. Поэтому изменение параметров программного движения или структуры регулятора, равно как и технических ограничений на значения искомых параметров может позволить решить задачу параметрического синтеза проектируемой системы управления.

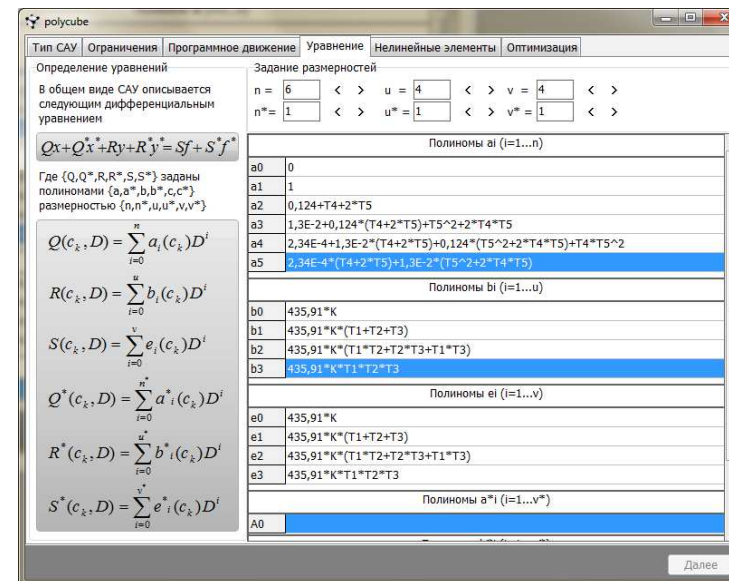


Рис. 1. Интерфейс формирования математической модели синтезируемой САУ

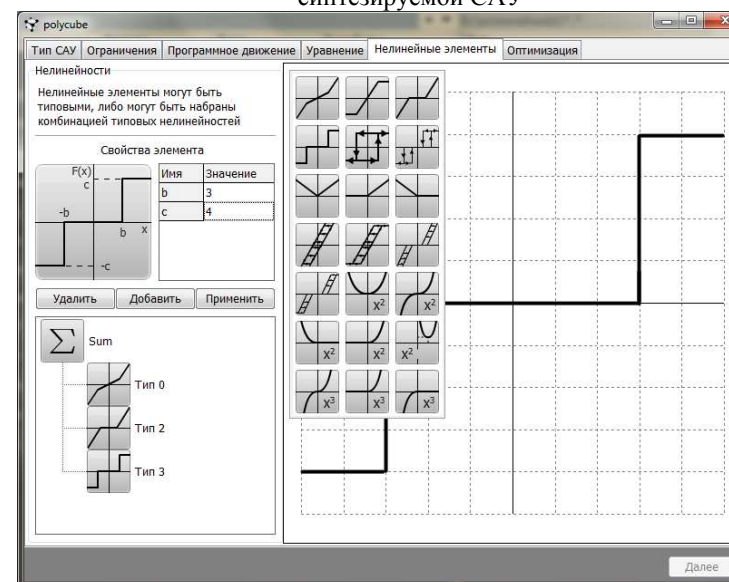


Рис. 2. Каталог типовых нелинейных характеристик



### Литература

1. Chubraeva L. I., Shyshlakov V. F., Turubanov M. A., Tymofeyev S. S., Volkov D. A. Development of a Model Wind and Solar Power Installation Comprising High-Temperature Superconductors // Energy Science and Technology ISSN 1923-8460 [Print] 1923-8479 [Online] 2013. vol.6 no.2. pp.64 – 70.
2. Андреев Е. А., Волков Д. А., Орлов А. Р., Чубраева Л. И., Шишляков В. Ф. Автономная электроэнергетическая установка с использованием высокотемпературных сверхпроводников // Сверхпроводимость: Исследования и разработки. 2009. №14. С.7-12.
3. Цветков С. А., Шишляков В. Ф., Шишляков Д. В. Синтез и моделирование автономной электроэнергетической установки // «Информационно-управляющие системы». 2008. № 4. С.12– 14.
4. Цветков С. А., Шишляков В. Ф., Шишляков Д. В. Исследование аномальных режимов работы автономной электроэнергетической установки // «Информационно-управляющие системы», 2009. № 1. С.15-20.
5. Шишляков В. Ф. Синтез нелинейных САУ с различными видами модуляции: Монография. СПб.: СПбГУАП, 1999. 268с.
6. Никитин А. В., Шишляков В. Ф. Параметрический синтез нелинейных систем автоматического управления: Монография / Под. Ред. В. Ф. Шишлякова. СПб. СПбГУАП, 2003. 358с.
7. Шишляков В.Ф., Цветков С.А., Шишляков Д.В. Синтез параметров непрерывных и импульсных многосвязных систем автоматического управления: Монография. Под ред. В.Ф. Шишлякова, ГУАП, СПб, 2008, 180с.
8. Чубраева Л.И., Ронжин А.Л., Шишляков А.В., Ронжин А.Л., Шишляков В.Ф. Концепция построения интеллектуальных защищенных систем управления для объектов децентрализованной энергетики // Труды СПИИРАН, 2014, выпуск 2. С.207 – 227.

В.Ф. Шишляков<sup>а</sup>, А.В. Шишляков<sup>б</sup>, Д.В. Шишляков<sup>а</sup>

### СИНТЕЗ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАТОРОВ УПРАВЛЕНИЯ МНОГОСВЯЗНЫХ САУ ПРИ АЛГЕБРАИЧЕСКОЙ АППРОКСИМАЦИИ НЕЛИНЕЙНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

(<sup>а</sup>Санкт-Петербургский государственный университет  
аэрокосмического приборостроения,

<sup>б</sup>ОАО «Концерн «Научно-производственное объединение «Аврора»»)

В докладе рассматривается решение задачи синтеза параметров законов управления многосвязных систем автоматического управления (САУ) при аппроксимации характеристик нелинейных элементов аналитическими и иррациональными функциями. В качестве математического аппарата применяется обращение прямого вариационного метода анализа – обобщенного метода Галеркина – на решение поставленной задачи [1 – 6]. Показано преимущество



данных способов аппроксимации нелинейностей для САУ с гладкими нелинейностями, исключающее необходимость определения точек переключения нелинейных характеристик при работе алгоритма.

Многие элементы и устройства САУ имеют гладкие нелинейные статические характеристики, а возможность кусочно-линейной аппроксимации применительно к гладким нелинейным характеристикам, связана как с физикой процесса функционирования исследуемой системы, так и с видом нелинейной характеристики. Теоретически любую нелинейную характеристику можно аппроксимировать кусочно-линейными участками, однако с точки зрения достоверности функционирования системы подобная модель может оказаться не адекватной реальной САУ.

Для решения задачи синтеза нелинейных САУ произвольной структуры и порядка, в том числе многосвязных, при кусочно-линейной аппроксимации нелинейных характеристик, хорошо зарекомендовал себя метод синтеза, математическую основу которого составляет обращение на решение задачи синтеза одного из прямых вариационных методов анализа – обобщенного метода Галеркина [1 – 6].

Данный подход дает возможность с единых математических, методологических и алгоритмических позиций решать задачу синтеза параметров регулятора (оператора управления) по заданным показателям качества работы САУ в переходном режиме для широкого класса линейных и нелинейных систем управления: непрерывных, импульсных (различными видами модуляции сигнала), дискретных (с несколькими импульсными элементами, работающими как синхронно, так и не синхронно, с одной и несколькими частотами прерывания), дискретно-непрерывных, в том числе и со звеньями чистого запаздывания.

Общая схема решения задачи синтеза параметров закона управления для нелинейных САУ подробно изложена в [1 – 6], где показано, что задача синтеза обобщенным методом Галеркина в вычислительном плане представляет собой задачу нелинейного программирования с целевой функцией, построенной на основе уравнений Галеркина, которая для многосвязных систем имеет вид

$$J = \sum_{j=1}^{\max\{s,r,l\}} J_j, \min_{c_k} J. \quad (1)$$

$$\text{здесь } J_j = \sum_{q=1}^{m_j} \left\{ \sum_{i=0}^{n_j} a_{ij}(c_k) A_{qij} + \sum_{i=0}^{u_j} b_{ij}(c_k) B_{qij} - \sum_{i=0}^{v_j} e_{ij}(c_k) C_{qij} \right\}^2,$$

где  $q=1,2,\dots,m$  – число искомых параметров  $c_k$  закона управления  $a_i(c_k)$ ,  $b_i(c_k)$ ,  $c_i(c_k)$  – вещественные постоянные коэффициенты полиномов оператора обобщенного дифференцирования  $D$  уравнения движения нелинейной многосвязной САУ, степеней  $n$ ,  $u$ ,  $v$ , соответственно;  $A_{qi}$ ,  $B_{qi}$ ,  $C_{qi}$  – интегралы Галеркина:



$$\begin{aligned} A_{qi} &= \int_0^{\infty} D^i \{x^0(t)\} e^{-p_q t} dt = A_{qi} p_q^{i-1}, \quad i=0,1,\dots,n, \\ B_{qi} &= \int_0^{\infty} D^i \{F[x^0(t)]\} e^{-p_q t} dt = B_{qi} p_q^{i-1}, \quad i=0,1,\dots,u, \\ C_{qi} &= \int_0^{\infty} D^i \{f(t)\} e^{-p_q t} dt = C_{qi} p_q^{i-1}, \quad i=0,1,\dots,v, \end{aligned} \quad (2)$$

здесь  $x^0(t)$  – желаемое программное движение [1, 2],  $F[x^0(t)]$  – нелинейная характеристика,  $f(t)$  – внешнее входное воздействие;  $e^{-p_q t}$  – система из  $m$  непрерывно дифференцируемых линейно-независимых координатных функций, представляющих собой полную систему функций.

Как следует из соотношений (1) и (2) для распространения обобщенного метода Галеркина на многосвязные системы с аппроксимацией нелинейных характеристик аналитическими или иррациональными функциями необходимо определить интегралы  $B_{qi}$ .

Данные соотношения были определены [7 – 9] для программного движения вида

$$x^0(t) = (x_y + H^* e^{-\alpha t}) 1(t),$$

где  $x_y$  – значение желаемого процесса  $x^0(t)$  при  $t = \infty$ ;  $H^* = x_0 - x_y$ ;  $x_0$  – начальное значения желаемого процесса в момент времени  $t = +0$ , а показатель затухания процесса  $\alpha$ , определяется исходя из соотношения

$$\alpha = \frac{3+4}{T_{п.п.}},$$

здесь  $T_{п.п.}$  – время переходного процесса.

Таким образом, полученные рекуррентные соотношения [7 – 9], дают возможность полностью алгебраизировать решение задачи синтеза параметров законов управления нелинейных непрерывных многосвязных САУ, динамика которых описывается дифференциальными уравнениями произвольно высокого порядка и содержащих нелинейные элементы, характеристики которых целесообразно аппроксимировать аналитическими и иррациональными функциями.

В ходе решения поставленной задачи обобщенный метод Галеркина был распространен на решение задачи синтеза непрерывных многосвязных систем автоматического управления при аппроксимации нелинейных характеристик аналитическими и иррациональными функциями. Показаны преимущества данных видов аппроксимации по сравнению с кусочно-линейной, при использовании обобщенного метода Галеркина в качестве математического аппарата для решения задачи синтеза параметров регуляторов САУ.

### Литература

1. Шишляков В. Ф. Синтез нелинейных САУ с различными видами модуляции: Монография. СПб.: СПбГУАП, 1999. 268с
2. Никитин А. В., Шишляков В. Ф. Параметрический синтез нелинейных систем автоматического управления: Монография / Под. Ред. В. Ф. Шишлякова. СПб. СПбГУАП, 2003. 358с



3. Шишляков В. Ф., Шишляков Д. В. Параметрический синтез многосвязных систем автоматического управления обобщенным методом Галеркина // Информационно-управляющие системы. 2006. № 3. С. 51-62.

4. Шишляков В. Ф., Шишляков Д. В. Параметрический синтез многосвязных систем автоматического управления во временной области // изв. Вузов сер. Проблемы энергетики. 2006. № 12. С.49-54.

5. Цветков С. А., Шишляков В. Ф., Шишляков Д. В. Синтез многосвязных систем автоматического управления во временной области // изв. Вузов сер. Приборостроение. 2007. №12. С.13-17.

6. Шишляков В.Ф., Цветков С.А., Шишляков Д.В. Синтез параметров непрерывных и импульсных многосвязных систем автоматического управления: Монография. Под ред. В.Ф. Шишлякова, ГУАП, СПб, 2008, 180с.

7. Турубанов М.А., Шишляков В.Ф., Шишляков А.В. Импульсная система управления комбинированной солнечно- и ветроэнергетической установкой со сверхпроводниковым оборудованием // Информационно-управляющие системы. 2014. 33. С.8 – 18.

8. Чубраева Л.И., Шишляков А.В. Синтез электромеханических систем автоматического управления при аналитической аппроксимации характеристик нелинейных элементов // информационно-управляющие системы. 2014. №2. С.2 – 7.

9. Шишляков В.Ф., Анисимова Е.В., Шишляков А.В., Шишляков Д.В. Синтез параметров закона управления для нелинейных САУ при различных видах аппроксимации характеристик // изв. Вузов сер. Приборостроение. 2015. Т.58, №9. С.701-706.

Л.В. Яблокова

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПАРАДИГМЫ ПРИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ РАСЧЕТАХ В СРЕДЕ MATLAB

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Информатика, как технологическая наука, должна по определению включать прагматику, а это, в свою очередь, должно предполагать постоянное сравнение ее составляющих. Как известно, количественной мерой любого результата является оценка, основанная на соответствующих критериях и нормах, которые действуют в рамках размерности, определяемой природой их ценности. А прагматическая природа информатики предполагает, что остается и используется только самое эффективное. Все остальное либо выбраковывается, либо переосмысливается и, в конечном счете, обновляется. Чего же мы ждем от наших программ предназначенных для научных исследований, чего хотим от конкретной реализации в частности? Мы хотим, чтобы программа работала правильно и надежно, но кроме этого, нам нужно, чтобы она была легко адаптируема к но-





вым условиям, которые часто меняются в ходе решения той или иной научной проблемы. Иными словами мы должны учитывать требования к исходному коду программ, чтобы он был удобным в сопровождении. Сложность может быть присуща как самой научной проблеме, так и всей предметной области, в рамках которой должно проводиться исследование. Но она также может быть и следствием неудачно выбранного способа или стиля изложения идей заложенных в программе. Неправильно выбранный инструментарий или стратегия конструирования приводят к проблемам, которые, к сожалению, могут быть не сразу выявлены на этапе проектирования, а проявят себя уже после начала использования. В итоге, труд программиста превращается в то, что можно назвать плохо спроектированным и не элегантным, и как следствие, имеющим очень ограниченную область применения. Такие программы, как правило, имеют очень короткий жизненный цикл и их проще заменить новыми, чем пытаться повторно использовать, адаптировать или совершенствовать. Одним из критериев качества программы является то, насколько внимательно разработчик отнесся к процессу формализации типичных взаимодействий между участвующими в ней компонентами. Если на этапе проектирования таким механизмам уделить достаточное внимание, то архитектура программы получится более компактной, простой и понятной, а код более структурированным и адаптируемым к вновь специфицируемым требованиям предметной области.

Механизм внедрения зависимостей (Dependency Injection) – это набор принципов и паттернов проектирования программного обеспечения, которые дают возможность разрабатывать слабосвязанный код.

```
classdef(Abstract = true) SolutionImpl < handle
    methods(Abstract = true)
        solve(this, solver);
    end
end
```

Рис. 1. Интерфейс внедряемой зависимости



```
classdef MaxwellSolution < SolutionImpl & SolutionParams
    properties(Constant = true)
        Mu_0 = 1.2566370614e-12;
        Epsilon_0 = 8.8541878174e-18;
    end
    properties(Dependent = true, SetAccess = private)
        LZ;
        Nt;
        Nz;
        Ht;
        Hz;
        C1;
        C4;
        C5;
    end
    methods
        function this = MaxwellSolution(q, qt, qT, lambda)
            %Initialization of protected class members
        end
        function solve(this, solver)
            solver.solveMaxwell(this);
        end
        %Property accessor methods
        % .
        % .
        % .
    end
end
```

Рис. 2. Реализация внедряемой зависимости для уравнений Максвелла

```
classdef D_AlembertSolution < SolutionImpl & SolutionParams
    properties(Dependent = true, SetAccess = private)
        LZ;
        Nt;
        Nz;
        Ht;
        Hz;
        C1;
        C5;
    end
    methods
        function this = D_AlembertSolution(q, qt, qT, lambda)
            %Initialization of protected class members
        end
        function solve(this, solver)
            solver.solveD_Alembert(this);
        end
        %Property accessor methods
        % .
        % .
        % .
    end
end
```

Рис. 3. Реализация внедряемой зависимости для уравнения д'Аламбера



```

classdef(Abstract = true) SolutionParams < handle
    properties(Constant = true)
        Lv = 2.99792458e14;
    end
    properties(SetAccess = protected)
        Q;
        Qt;
        QT;
        Lambda;
    end
end

```

Рис. 4. Абстрактный класс параметров решения

```

classdef Solution < handle
    properties(Access = private)
        impl_;
    end
    methods
        function this = Solution(impl)
            this.impl_ = impl;
        end
        function accept(this, solver)
            this.impl_.accept(solver);
        end
    end
end

```

Рис. 5. Внедрение зависимости через конструктор

Двойная диспетчеризация (Double Dispatch) – это способ организации кода на базе паттерна Посетитель (Visitor), позволяющий расширить интерфейс базового класса путем создания отдельной иерархии для виртуализации операций.

```

classdef(Abstract = true) Solver < handle
    methods(Abstract = true)
        solveMaxwell(this, solution);
        solveD_Alembert(this, solution);
    end
end

```

Рис. 6. Интерфейс решателя

Абстракция – это важная часть инструментария при проектировании приложений для научных исследований. Справиться с постоянным ростом сложности исследовательских компьютерных систем без нее невозможно. Разные парадигмы подразумевают собственные принципы абстракции, общие для множества методик разработки. Каждая методика – это свой способ группировки абстрактных представлений в соответствии с их общими свойствами, т.е. отдельная техника абстрагирования. А хорошая техника абстрагирования, учитывая сложность программного обеспечения и реального мира, помогает упорядочивать знания и синтезировать более качественные решения на основе проведенного анализа.



```

classdef MaxwellSolver < Solver
    methods
        function solveMaxwell(~, solution)
            amp = exp(0.0 * 1i);
            src = fix(solution.Nz / 2);
            ex = zeros(1, solution.Nz);
            hy = zeros(1, solution.Nz - 1);
            %Solving Maxwell equations
            % .
            % .
            % .
        end
        function solveD_Alembert(~, solution)
            error('Invalid operation for solution %s with solver %s',...
                class(solution), 'MaxwellSolver');
        end
    end
end

```

Рис. 7. Реализация решателя уравнений Максвелла

```

classdef D_AlembertSolver < Solver
    methods
        function solveMaxwell(~, solution)
            error('Invalid operation for solution %s with solver %s',...
                class(solution), 'D_AlembertSolver');
        end
        function solveD_Alembert(~, solution)
            a = exp(0.0 * 1i);
            ex = zeros(1, solution.Nz);
            extt = zeros(1, solution.Nz);
            exttt = zeros(1, solution.Nz);
            rad_locat = solution.Nz - solution.Q;
            %Solving D_Alembert equation
            % .
            % .
            % .
        end
    end
end

```

Рис. 8. Реализация решателя уравнения д'Аламбера

### Литература

1. Фаулер, М. Рефакторинг. Улучшение существующего кода / Мартин Фаулер – Санкт-Петербург: Символ-Плюс, 2003. - 432 с.
2. Макконнелл, С. Совершенный код / Стив Макконнелл – М.: Питер, 2007. - 893 с.
3. Гамма, Э. Приемы объектно-ориентированного проектирования / Э. Гамма, Р. Хелл, Р. Джонсон, Дж. Влиссидес – М.: Питер, 2006. – 368 с.
4. Головашкин Д. Л. Совместное разностное решение уравнений Даламбера и Максвелла. Одномерный случай / Д.Л. Головашкин, Л.В. Яблокова // Компьютерная оптика. - 2012. - Т. 36, №4. - с. 527-534.
5. Golovashkin D.L., Long vectors algorithms for solving grid equations of explicit difference schemes / D.G Vоротnikova, D.L. Golovashkin // Computer Optics. - 2015. - Vol. 39(1). - P. 87-93.
6. <http://www.mathworks.com/help/matlab/index.html> (дата обращения: 12.03.16).



## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Valeryan P. Iosifov

### APPLICATION RESPONSES WEIGHING OPERATION TO PROBLEMS OF DETERMINING THE MEASURING INSTRUMENTS DYNAMIC CHARACTERISTICS

(Department of Information Systems, Technology and Communication  
Don State Technical University, Pyatigorsk, Russia)

**Abstract** – In this paper it is considered methods of weighting the responses in order to reduce errors and the effect of noise, to improve the stability of the definition of dynamic characteristics of measuring instruments based on the use of parametric methods of spectral analysis.

**Keywords** – measuring instruments, weighing operation, spectral analysis, error.

#### Introduction

In most data processing tasks are frequently used parametric spectral analysis techniques, which are based largely on the method of least squares:

$$XA + E = Y$$

or

$$\begin{pmatrix} x_{p-1} & x_{p-2} & \dots & x_1 \\ x_p & x_{p-1} & \dots & x_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{N-1} & x_{N-2} & \dots & x_{N-p+1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_p \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_p \\ e_{p+1} \\ \vdots \\ e_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_p \\ x_{p+1} \\ \vdots \\ x_N \end{pmatrix}$$

and expectation errors

$$eM(e) = 0$$

and dispersion

$$M(e^2) = \sigma^2 I_n.$$

Then, by the Gauss-Markov theorem, the least squares estimation method is

$$A = (X^T X)^{-1} X^T Y \quad (1)$$

the most effective (in the sense of least variance) estimate in the class of linear unbiased estimators.

#### Formulating and solving problems

But in response to the condition of constancy of the variance short record length for the entire length of the recording is not always feasible. The following method can be used to eliminate or reduce the influence of heterogeneity of error in de-



termining the parameters.

In order to reduce the effect of noise and to improve the following methods of parametric spectral analysis of the stability of solutions are developed:

- method of weighted coefficients inversely proportional errors;
- method of weighted coefficients proportional to the instantaneous power of the signal;
- method of weighted coefficients proportional to the amount of units in a sliding window;
- method of weighted coefficients using the estimated or known characteristics of the type of measuring instrument;
- weighing method for low-frequency component;
- method with adaptive weighting.

At the core of these methods is the estimation of the model parameters change agents by solving the system of equations:

$$\begin{pmatrix} x_{p-1} & x_{p-2} & \dots & x_1 \\ x_p & x_{p-1} & \dots & x_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{N-1} & x_{N-2} & \dots & x_{N-p+1} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_p \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_p \\ e_{p+1} \\ \vdots \\ e_N \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_p \\ x_{p+1} \\ \vdots \\ x_N \end{pmatrix} \quad (2)$$

or in matrix form  $XA + E = Y$ , with the proviso that the expectation errors  $e$  is zero  $M(e) = 0$ , respectively, and the dispersion is  $M(e^2) = \sigma^2 I_n$  constant over the entire length of the implementation. Under these conditions the method of least squares is used for the solution of a system (2).

The first stage uses a standard method of least squares and stored vector  $A$ , an error vector is then computed:

$$E = [e_p, e_{p+1}, e_{p+2}, \dots, e_N]^T$$

$$E = Y - XA.$$

It turns out

$$x_n = -a_1 x_{n-1} - a_2 x_{n-2} - a_3 x_{n-3} - \dots - a_p x_{n-p} \quad (3)$$

Further dividing term by term (3), we obtain

$$\frac{x_n}{e_n} = -a_1 \frac{x_{n-1}}{e_n} - a_2 \frac{x_{n-2}}{e_n} - a_3 \frac{x_{n-3}}{e_n} - \dots - a_p \frac{x_{n-p}}{e_n}$$

Applying again a standard method of least squares, we obtain the estimates  $A$  while minimizing the amount of

$$U(A) = \sum_{i=p}^N \left( \frac{1}{e_i} \left( x_n - \sum_{j=1}^p a_j x_{i-j} \right) \right)^2.$$

The idea is as follows. When using a standard least squares method minimizes



the amount of

$$U(A) = \sum_{i=p}^N \left( x_n - \sum_{j=1}^p a_j x_{i-j} \right)^2,$$

in which different terms give different statistical contribution due to various dispersions, which leads to inefficiency estimates the least squares method. Weighing each case by a factor  $1/e_i$ , it is possible to eliminate the heterogeneity, or rather, give greater weight to the observations with a small error.

The second method is based on the method of weighting coefficients in proportion to the instantaneous power signal.

Unlike the first method, this one-step method.

The essence of the method is to minimize the amount of:

$$U(A) = \sum_{i=p}^N \left( s_i \left( x_n - \sum_{j=1}^p a_j x_{i-j} \right) \right)^2,$$

where  $s_i$  is calculated by the following formula:

$$s_i = |x_i| / \sum_{j=p}^N |x_j|.$$

This weighting makes it possible to take into account the reports is proportional to the amplitude.

The responses from the sensors have a short length/duration, and mostly it is very difficult to ensure that at different  $N$  standard deviation were the same. Therefore, the use of such weighing makes it possible to enhance the data with large and small to ease data reporting values.

The third method is based, as the second, weighting coefficients on, but unlike this method, weighting factors are as follows:

$$s_i = \sum_{j=0}^{p-1} |x_{i-j}| / \sum_{j=p}^N |x_j|.$$

The fourth method is based on the fact that the response is modeled by the sum of damped sinusoids. The first part of the procedure - normal use of the Prony-method. After finding the parameters of damped sinusoid apply the least squares method again, the assessment is minimized by the weighted coefficients in proportion to the absolute low-frequency component, which makes it possible to take into account the most heavily initial reports and peak values.

The use of weighting operation reduce the impact of noise and, most importantly, reduce the model order.

#### Description of the developed proposals

Designed weighing methods are based on a three-step procedure. The first step is to find a standard assessment of the vector  $\mathbf{A}$  of parameters of the mathematical model for the relations (1) with the modified Prony-method. In the second step it is calculated error vector  $\mathbf{E} = \mathbf{Y} - \mathbf{XA}$ , the results of which were weighed. In the third



step, taking into account the results of the weighing is carried out again to find the vector  $\mathbf{A}$  of parameters of the mathematical model. Application developed by weighting methods can improve the stability of finding a mathematical model parameters means estimates measurements to reduce its order, and reduces the influence of samples with low signal/noise ratio. The proposed methods of weighting applied not directly to the data readings, and the equations of normal systems, there is rationing of equations in the process of applying the method of least squares. This is essential when using the methods of the weighted coefficients gets proper selection response duration.

In applying the method of least squares on the Gauss-Markov theorem, evaluation of response options are most effective (in the sense of least variance) estimates in the class of linear unbiased estimates provided constant variance throughout the length of the data that responses with a short recording length is not always feasible. To eliminate or reduce the impact of data errors heterogeneity suggested a method of weighted coefficients inversely proportional errors.

Using the standard method of least squares for a short duration of response is based on the minimization of the discrepancies in the different terms which give different statistical contribution due to various dispersions, which leads to inefficiency estimates the least squares method. It is shown that, weighing each observation by a factor  $1/e_i$  can be eliminated heterogeneity, giving greater weight to the observations with a small error.

The first stage uses a standard least squares method for computing estimates  $\mathbf{A}$  of the systems of equations (1).

In the second stage error vector  $\mathbf{E} = [e_p, e_{p+1}, e_{p+2}, \dots, e_n]^T$  is calculated by the relations  $\mathbf{E} = \mathbf{Y} - \mathbf{XA}$ , on the basis of which carried out the valuation equation for the current error  $e_n$ , if it exceeds a predetermined threshold:

$$\frac{x_n}{e_n} = a_1 \frac{x_{n-1}}{e_n} + a_2 \frac{x_{n-2}}{e_n} + a_3 \frac{x_{n-3}}{e_n} + \dots + a_p \frac{x_{n-p}}{e_n}.$$

Further, using the method of least squares estimation vector calculating refined by minimizing the amount of:

$$U_1(\mathbf{A}) = \sum_{i=p}^N \left( \frac{1}{e_i} \left( x_n - \sum_{j=1}^p a_j x_{i-j} \right) \right)^2.$$

#### Discussion of research results

The proposed method is preferably used for responses to low signal/noise ratio in the presence of errors. This method allows to determine the dynamic characteristics of measuring instruments, not overstating the order of a mathematical model, while reducing the impact of noise and errors. The simulation results (Figure 1) show that the signal/noise ratio 5/1 and the unit slips mathematical model parameters are determined with an accuracy of 1%, and the response error of approximation (see



Figure 1, c) is not more than 2-3%. The disadvantage of this method is its labor intensity associated with the need to perform a three-step procedure.

The development of this method are one-step methods of weighted coefficients. The method of the weighted coefficients proportional to the instantaneous amplitude of the signal, the essence of which is to minimize the amount of:

$$U_2(\mathbf{A}) = \sum_{i=p}^N \left( s_i \left( x_n - \sum_{j=1}^p a_j x_{i-j} \right) \right)^2,$$

where  $s_i$  is calculated by the following formula:

$$s_i = |x_i| / \sum_{j=p}^N |x_j|.$$

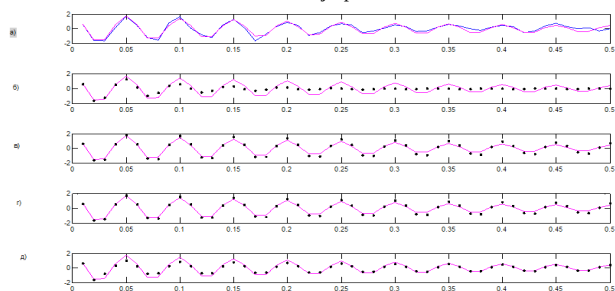


Figure 1. The results of the application of weighting methods: a – signal and noise signal; b – the results of processing with the use of modernized method Prony; c – use of the method of weighted coefficients; d – the application of the method of weighted coefficients proportional to the instantaneous amplitude of the signal; e – the use of a method that uses a coefficient proportional to the amount of modules in response sliding window

This weighting makes it possible to take into account in proportion to the amplitude of the samples (see Figure 1, d). The main advantage of this method is the ability to select the optimal response duration. At the same time, this method is more sensitive to errors. The simulation results confirm the ability of a method to weaken the influence of the "tail" of the response to determine the parameters of the model. The method allows to determine the parameters of up to 0.5-1%, and the response of the approximation error does not exceed 2%.

In the method of the weighted coefficients, which are proportional to the sum of the modules in a sliding window, weighting coefficients are normalized by the following formula:

$$s_i = \sum_{j=0}^{p-1} |x_{i-j}| / \sum_{j=p}^N |x_j|.$$

In this method, the response is submitted in the form of an autoregressive model of order  $p$ , and weighting the selected equation involves only  $p$  previous samples, which is calculated based on the initial reference value. This approach using integrated assessments to reduce the model order, reduces the impact of near misses and



the effect of the trend, present in the response, making computing more sustainable results. The simulation showed that this method for a signal/noise ratio of 5/1, allows you to define the parameters of a mathematical model to within 0.5-1.5% (see Figure 1, e.), and the response approximation error does not exceed 2%.

A method for weighing a low frequency component based on the Prony-method is applied, through which the search parameters damped sinusoids. Then, using the method of least squares estimates obtained by the weighted coefficients are minimized in proportion to the instantaneous values of the module low-frequency component that makes it possible to take into account the initial and peak values of samples.

The effect of weighting methods is shown in Figure 1, which shows that the application of the developed methods allows to obtain more accurate results than the Prony-method.

It is developed a method with adaptive weighting, which comprises applying the two-step procedure. In the first step use the standard method of least squares. Residues are calculated in the second step and all the samples for which a large residues are replaced with the values calculated using the autoregressive approximation and least squares procedure is repeated. The main advantage of the developed adaptive method is the stability of its solutions and the independence of the individual errors. In the simulation, the error in determining the parameters do not exceed 0.5-1%, and the determination of response error is 3%.

Thus, the use of the developed methods based on weighing, would greatly reduce the effects of blunders and response areas with high noise

## References

1. V. Iosifov, "Analysis of mathematical models of measuring transformations," Reporter of the North Caucasus State Technical University, Stavropol', Russia, vol. 4. pp. 82-88, 2005.
2. V. Iosifov, "Simulation approach to the problem of determining the dynamic characteristics of measuring instruments," Don Engineering Reporter, Rostov-na-Donu, Russia, vol. 14 (4), pp. 359-363, 2010.
3. M. Mjasnikova, A. Dmitrienko, V. Iosifov, "Method of processing sensor response censored samples," Sensors and Systems, Moscow, Russia, vol. 7. pp. 6-7, 2012.
4. M. Sherbakov, V. Iosifov, "Simulation approach to the method of treatment response sensors of mechanical quantities," Sensors and Systems, Moscow, Russia, vol. 10. pp. 26-29, 2014.



Н.В. Акинина, М.В. Акинин, А.В. Соколова, А.И. Таганов

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕКСТУРНЫХ ПРИЗНАКОВ ХАРАЛИКА В ЗАДАЧАХ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ПОМОЩИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

(Рязанский государственный радиотехнический университет)

В настоящее время для решения множества различных социально-экономических, экологических, природопользовательских и прочих задач применяются векторные карты с нанесенной на них информацией о высотах искусственных и природных объектов. К таким задачам относятся, например, задачи предотвращения и быстрой ликвидации чрезвычайных ситуаций, задачи мониторинга состояния сельскохозяйственных угодий, в том числе задачи оценки состояния полей, и другие. Для оперативного получения высокоточного материала для анализа можно использовать беспилотный летательный аппарат (БПЛА), способный выполнять съемку в различных спектральных каналах. [1]

Для корректной обработки и анализа изображения, полученного с камер, установленных на БПЛА, необходимо описать его с помощью тех или иных текстурных признаков.

Текстуры можно классифицировать следующим образом:

- по происхождению:
  - искусственные – графические знаки и узоры, расположенные на нейтральном поле;
  - естественные – например песок, вода, трава, лес, срезы дерева;
- по структуре поверхности:
  - структурные, состоящие из геометрически правильных повторяющихся элементов;
  - стохастические, сформированные преобразованием последовательности коррелированных случайных чисел в соответствии с определенными алгоритмами;
- по относительным размерам элементов текстуры: мелкозернистые и крупнозернистые;
- по форме элементов текстуры: волнистые, пятнистые, неправильные, линейчатые и так далее.

Таким образом, текстура – это некоторый участок изображения, но не любой, а только тот, который имеет однородные статистические характеристики.

Текстурные признаки Харалика хорошо зарекомендовали себя для описания текстур в задачах разделения классов, если граница между классами является существенно нелинейной (например, при разделении класса хвойного леса и класса лиственного леса).



R.M. Haralick в [2] предложил описывать текстуру, покрывающую изображение, характеристиками специальных матриц вхождений  $E$ , рассчитываемых по изображению.

Алгоритм расчета текстурных признаков Харалика для одноканального изображения  $I$  размером  $u$  на  $u$  пикселей состоит из следующих этапов:

1. Выбор нескольких направлений  $\delta = \{\delta_x\}; x = \overline{1, X}; \delta_x \in [0, 2\pi)$ ;
2. Выбор размера  $u_{alpha}$  области соседства каждого пикселя на изображении  $I$  – в [2] значение  $u_{alpha}$  было выбрано равным 3-м;
3. Матрицы вхождений  $E = \{E_x\}; x = \overline{1, X}$  размером  $B$  на  $B$  элементов заполняются нулями — здесь  $B$  суть есть количество уровней квантования спектральных яркостей;
4. Для каждой пары «пиксель», «матрица вхождений» выполняются следующие операции:

$$(I(m, n), E_x); m = \overline{1, u}; x = \overline{1, X};$$

- 1) На пиксель  $I(m, n)$  «накладывается» окно размером  $\theta_{alpha}$  на  $\theta_{alpha}$  пикселей;
- 2) По направлению  $\alpha_x$  в данном окне находятся координаты крайнего пикселя  $(m_x, n_x)$ ;
- 3) Если координаты  $(m_x, n_x)$  крайнего пикселя по направлению  $\alpha_x$  выходят за пределы изображения  $I$ , то выполняется переход к следующей паре «пиксель», «матрица вхождений»;
- 4) Рассчитывается:
 
$$E_x(I(m, n), I(m_x, n_x)) = E_x(I(m, n), I(m_x, n_x)) + 1;$$
5. Матрицы вхождений  $E$  масштабируются к сумме своих элементов, равной единице;
6. Для каждой матрицы  $E_x$  рассчитываются характеристики  $E_x(k), m_{x \text{ строки}}, m_{x \text{ столбцы}}$  – средние по строкам и столбцам,  $y_{x \text{ строки}}$  и  $y_{x \text{ столбцы}}$  – дисперсии по строкам и столбцам;
7. Для каждой матрицы  $E_x$  рассчитываются следующие характеристики: однородность, контраст, корреляция, дисперсия, гомогенность, среднее по суммам, дисперсия по суммам и некоторые другие;
8. Для каждого пикселя  $I(m, n)$  изображения  $I_h$  составляются векторы признаков  $d_{mn} = \{e_{x \ y}\}; x = \overline{1, X}; y = \overline{1, 9}$ ;
9. Вектора признаков усредняются для получения вектора признаков изображения.

Расчет текстурных признаков Харалика может быть эффективно распараллелен средствами современных вычислительных систем. [3]

В ходе подготовки настоящей работы было осуществлено экспериментальное сравнение пригодности энергетических характеристик Лавса и тек-





стурных признаков Харалика для решения задачи построения топографической карты с помощью древовидного текстурного классификатора, составленного из нескольких многослойных перцептронов.

Для обучения и тестирования перцептронов, входящих в состав классификатора, был использован набор снимков, полученных при помощи БПЛА вертолетного типа и покрывающих нечерноземные области средней России. Структура перцептронов была подобрана с помощью алгоритмов глобальной оптимизации.

На рисунке 1 приведены результаты сравнения качества обучения простых классификаторов (отдельных многослойных перцептронов), использующих для описания текстур, покрывающих исходные изображения, энергетические характеристики Лавса или текстурные признаки Харалика.

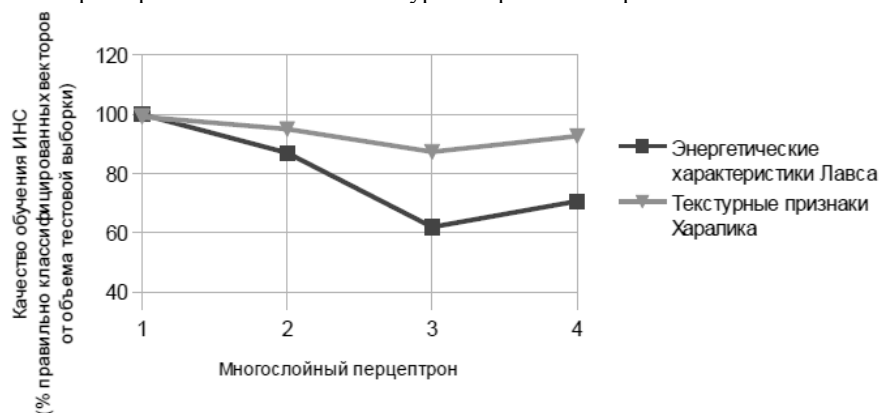


Рисунок 5 - Сравнение качества обучения классификаторов

Таким образом, можно сделать вывод, что текстурные признаки Харалика лучше подходят для решения задач обработки данных, полученных с помощью БПЛА, чем энергетические характеристики Лавса.

К недостаткам текстурных признаков Харалика можно отнести существенный объем вычислений, требуемых для их расчета из-за необходимости анализа нескольких матриц смежности. Данный недостаток, однако, не оказывает существенного влияния на выбор между признаками Харалика и характеристиками Лавса, так как информационная недостаточность последних ведет к существенному увеличению времени обучения классификатора. [3]

### Литература

1. Акинин М.В., Акинина Н.В., Никифоров М.Б., Соколова А.В., Таганов А.И. Нейросетевой метод оперативного картографирования с использованием беспилотного летательного аппарата. // Динамика сложных систем - XXI век № 2 (2015). - Москва: Радиотехника. - 2015. - с. 9 - 14.



2. M. Haralick R., K. Shanmugam, I. Dinstein. Textural features for image classification // IEEE Transactions on systems, man and cybernetics. Vol. SMC 3, № 6. 1973. С. 610 – 621.

3. М.В. Акинин, А.А. Логинов, М.Б. Никифоров. Способы описания текстур в задачах построения топографических карт // Материалы XI Международной научно-технической конференции .АВИА — 2013. (том 4). 2013.

А.К. Алимуратов, П.П. Чураков

## АДАПТИВНЫЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОЛОСОВОГО УПРАВЛЕНИЯ

(Пензенский государственный университет)

Увеличение производительности интеллектуальных информационных систем требует от пользователя устойчивых навыков управления. Наиболее адаптивным интерфейсом взаимодействия пользователя с системой голосовое управление, основанное на технологии распознавания речи. Работа в направлении повышения эффективности голосового управления ведется достаточно активно. На сегодняшний день представлено большое количество алгоритмов, повышающих точность распознавания и эффективность голосового управления: «RWTH ASR» [1], «Julius» [2] и «CMU Sphinx» [3].

Как известно, точность распознавания зависит от корректной обработки речевых команд, которая определяется точностью измерения его амплитудных, временных, частотных и энергетических характеристик. Основная причина низкой точности и больших погрешностей в измерениях связана с использованием неадаптивных методов обработки сложных нестационарных речевых сигналов. Исследования существующих методов обработки речевых сигналов [4], выявили перспективность использования адаптивной технологии анализа нестационарных данных – комплементарная множественная декомпозиция на эмпирические моды (КМДЭМ) [5].

Целью данной работы является разработка алгоритма, повышающего точность распознавания речевых команд и эффективность голосового управления за счет применения КМДЭМ. Статья является развитием ранее опубликованных трудов авторов [7].

### Комплементарная множественная декомпозиция на эмпирические моды

КМДЭМ представляет собой адаптивную технологию разложения сигнала на эмпирические моды (ЭМ). Адаптивность метода заключается в том, что базисные функции, используемые для разложения, извлекаются непосредственно из исходного сигнала. Аналитическое выражение декомпозиции имеет следующий вид [5]:



$$x(t) = \sum_{i=1}^I IMF_i(t) + r_i(t),$$

где  $x(t)$  – исходный сигнал,  $i$  – номер ЭМ,  $I$  – количество ЭМ,  $IMF_i(t)$  – конечное число извлекаемых ЭМ,  $r_i(t)$  – результирующий остаток.

Особенность метода КМДЭМ заключается в многократном добавлении к исходному речевому сигналу белого шума с прямыми и инверсными значениями амплитуды и вычислении среднего значения полученных мод, как конечно-го истинного результата независимо от того, сколько сигналов белого шума использовалось:

$$\begin{bmatrix} x_j(t) \\ x_j(t)^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} x(t) \\ \omega_j(t) \end{bmatrix},$$

$$IMF_i(t) = \frac{\sum_{j=1}^J IMF_{ji}(t)}{J}, \quad r_i(t) = \frac{\sum_{j=1}^J r_{ji}(t)}{J},$$

где  $x_j(t)$  – зашумленный белым шумом речевой сигнал,  $x_j(t)^*$  – зашумленный инверсным по знаку белым шумом речевой сигнал,  $\omega_j(t)$  – добавляемый белый шум,  $IMF_{ji}(t)$ ,  $r_{ji}(t)$  – ЭМ и результирующий остаток, полученные при различных декомпозициях,  $j=1, 2, \dots, J$  – количество циклов декомпозиций (добавлений к сигналу белого шума).

КМДЭМ в полной мере использует преимущество статистических характеристик белого шума, для обнаружения слабых периодических участков речевых сигналов с минимальным значением остаточного шума.

### Алгоритм, повышающий точность распознавания и эффективность голосового управления на основе КМДЭМ

На рисунке 1 представлена блок-схема алгоритма, повышающего распознавание и эффективность голосового управления на основе КМДЭМ.

Суть предложенного алгоритма заключается в уменьшении разницы между поступающими речевыми командами и шаблонами (полученными в ходе обучения), посредством выделения из исходного сигнала только полезной информации – уникальные свойства голоса. Ключевым понятием при выделении полезной информации является формирование набора сигналов на основе информативности ЭМ. При условии, что речевой сигнал имеет конечную энергию, число ЭМ при разложении всегда является конечным. Для абсолютно произвольного сигнала все ЭМ можно разбить на две категории информативные ЭМ с шумовыми и сигнальными составляющими и неинформативные ЭМ с трендовыми и компенсирующими составляющими.

Информативные ЭМ в разложении всегда отражают внутреннюю структуру и особенности речевого сигнала. К их числу относятся шумовые и сигнальные ЭМ. Появление в разложении первых объясняется наличием в исходном сигнале остаточного шума, а вторые связаны непосредственно с полезным сигналом и входящими в него компонентами. Неинформативные ЭМ являются медленно меняющимися функциями. Среди них выделяют трендовые ЭМ, опи-



сывающие истинную динамику среднего значения сигнала и компенсирующие ЭМ возникающие при разложении.

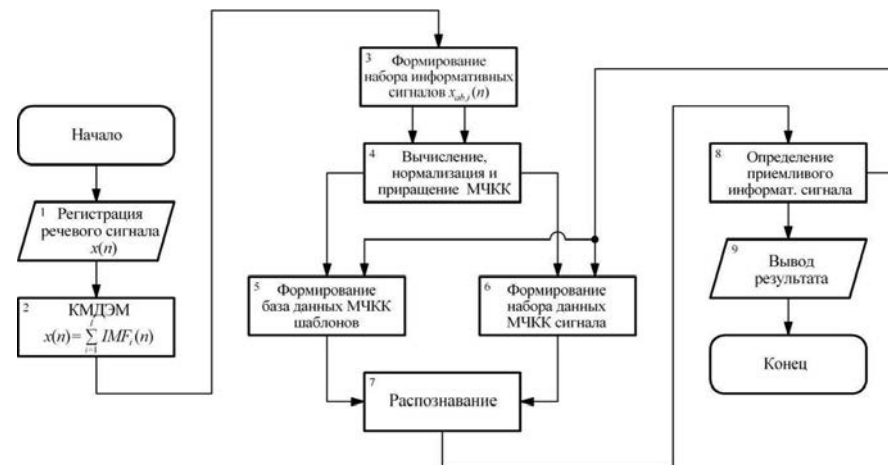


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма, повышающего распознавание и эффективность голосового управления на основе КМДЭМ

Формирование набора информативных сигналов заключается в вычитании из исходного сигнала речевой команды информативных шумовых и неинформативных ЭМ. Информативными шумовыми обычно являются первые две или три ЭМ, в зависимости от интенсивности присутствующего в сигнале шума. Неинформативными являются последние три или четыре ЭМ, в зависимости от общего количества мод (число ЭМ примерно равно двоичному логарифму от числа отсчетов в сигнале). Формирование набора информативных сигналов осуществляется по формуле:

$$x_{ab,i}(n) = x(n) - \left( a \times \sum_{i=0}^2 IMF_{i+1}(n) + b \times \sum_{i=0}^2 IMF_{I-1}(n) \right),$$

где  $x_{ab,i}(n)$  – информативный сигнал,  $x(n)$  – исходный сигнал речевой команды,  $i$  – номер ЭМ,  $I$  – количество ЭМ,  $a$ ,  $b$  – коэффициенты, определяющие участие ЭМ в формировании набора информативных сигналов.

Целью формирования набора информативных сигналов является возможность выбора одного сигнала, содержащего максимально большее количество информации об уникальных свойствах голоса.

В качестве информативных параметров в предложенном алгоритме используются мел-частотные кепстральные коэффициенты МЧКК [7], которые наиболее приемлемы для командных систем голосового управления.

В экспериментально-исследовательском комплексе, реализованном в пакете прикладных программ MATLAB, проведено исследование предложенного алгоритма распознавания. Цель исследования являлось: определение наиболее



приемлемого информативного сигнала, обеспечивающего наименьшую разницу между поступающей в систему речевой командой и шаблоном. В качестве критерия оценки эффективности распознавания использовалась точность распознавания. В таблице 1 представлены результаты определения наиболее приемлемого информативного сигнала.

Таблица 1 – Зависимость точности распознавания от номера информативного сигнала

| Параметр | Исходный речевой сигнал | Номер информативного сигнала |      |      |      |      |
|----------|-------------------------|------------------------------|------|------|------|------|
|          |                         | 1                            | 2    | 3    | 4    | 5    |
| A, %     | 85,1                    | 92,3                         | 95,2 | 93,9 | 97,1 | 96,2 |
| Δ        | 2,47                    | 3,88                         | 5,22 | 4,55 | 5,84 | 5,74 |

В соответствии с полученными результатами наилучшая точность распознавания достигается при использовании информативного сигнала № 4 (рисунок 3).

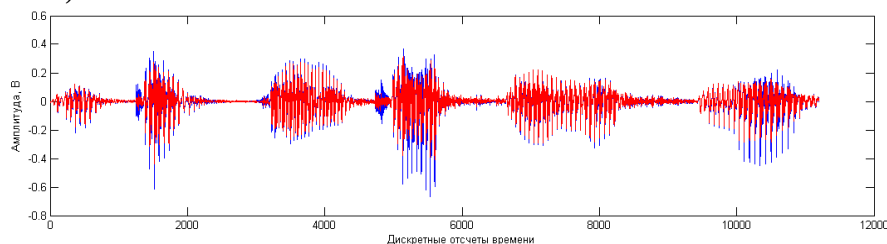


Рисунок 2 – Информативный сигнал № 4

### Вывод

Использование разработанного алгоритма распознавания речевых команд на основе КМДЭМ позволит значительно повысить эффективность голосового управления.

### Литература

1. R. David, G. Christian, H. Georg, and N. Hermann, "The RWTH Aachen University Open Source Speech Recognition System," Human Language Technology and Pattern Recognition Computer Science Department, RWTH Aachen University, Germany.
2. A. Lee, T. Kawahara, and K. Shikano, "Julius – an open source real-time large vocabulary recognition engine," Proc. Europ. Conf. Speech Com. Technol., Aalborg, Denmark, Sep. 2001, pp. 1691–1694.
3. W. Walker, P. Lamere, P. Kwok, Raj R.S. Bhiksha, E. Gouvea, P. Wolf, J. Woelfel, "Sphinx-4: A flexible open source framework for speech recognition," Tech. Rep. SMLITR-2004-139, Sun Microsystems., Inc., Nov. 2004.
4. Алимуратов А.К. Обзор и классификация методов обработки речевых сигналов в системах распознавания речи / А.К. Алимуратов, П.П. Чураков // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. - 2015. - № 2 (12). - С. 27 - 35.



5. J.-R. Yeh, J.-S. Shieh, and N.E. Huang, "Complementary ensemble empirical mode decomposition: A novel noise enhanced data analysis method," Adv. Adapt. Data Anal., vol. 2(2), 2010, pp. 135–156.

6. Алимуратов А.К., Муртазов Ф.Ш. Методы повышения эффективности распознавания речевых сигналов в системах голосового управления. Измерительная техника. - 2015. - № 10. - С. 20 - 24.

7. Алимуратов А.К. Выбор оптимального набора информативных параметров речевых сигналов для систем голосового управления / А.К. Алимуратов, П.П. Чураков, А.Ю. Тычков // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. - 2013. - № 1 (3). - С. 16 - 20.

Ф.Р. Аляутдинова, В.А. Суздальцев

### СТАТИСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗНОЙ ДИАГНОСТИКИ

(Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева)

Прогнозная диагностика используется для выявления проблемных ситуаций связанных с отказами, которые могут возникнуть при протекании процессов в системе, и требует немедленного принятия решения для поддержки ее работоспособности в будущем времени.

Возникновению проблемных ситуаций способствует множество взаимно зависимых случайных факторов, поэтому уместно рассматривать задачи прогнозной диагностики в вероятностно статистической постановке, а при разработке методов и алгоритмов их решения использовать результаты, полученные в теории статистических решений [1].

Пусть  $X$  – признаковое пространство,  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  – вектора признаков текущей ситуации,  $x \in X$ . Известными считаются априорные вероятности возникновения и отсутствия проблемной ситуации  $P(A)$  и  $P(A^*)$ ,  $P(A^*) = 1 - P(A)$ . Обозначим через  $P(x|A)$  и  $P(x|A^*)$  условные вероятности возникновения текущей ситуации с вектором признаков  $x$ , при условии, что проблемная ситуация имела место в будущем либо отсутствовала. Решение о том, что развитие текущей ситуации приведет к проблемной ситуации, принимается при выполнении следующего условия:

$$P(A|x) \geq P_{кр},$$

где  $P_{кр}$  – пороговая вероятность принятия решения.

Для определения  $P(A|x)$  используется формула Байеса:

$$P(A|x) = \frac{P(A) \times P(x|A)}{P(A) \times P(x|A) + P(A^*) \times P(x|A^*)}.$$

Значение пороговой вероятности  $P_{кр}$  является решением задачи минимизации целевой функции:

$$C(P_{кр}) = c_1 \times p_1(P_{кр}) + c_2 \times p_2(P_{кр}) \rightarrow \min,$$



где  $c_1$  и  $c_2$  – известные весовые коэффициенты, установленные экспертами и определяющие цену ошибок от неверного принятия решения;

$p_1$  и  $p_2$  – вероятность ошибок первого рода (ошибочное прогнозирование проблемной ситуации) и вероятность ошибок второго рода (ошибочное прогнозирование отсутствия проблемной ситуации) соответственно:

$$p_1 = \sum_{x_1} \frac{P(A^*) \times P(x | A^*)}{P(A) \times P(x | A) + P(A^*) \times P(x | A^*)},$$

где  $X_1 = \{x/P(A|x) \geq P_{кр}\}$  – область принятия решения о возникновении проблемной ситуации;

$$p_2 = \sum_{x_2} \frac{P(A) \times P(x | A)}{P(A) \times P(x | A) + P(A^*) \times P(x | A^*)},$$

где  $X_2 = \{x/P(A|x) \leq P_{кр}\}$  – область не принятия решения о возникновении проблемной ситуации.

Процесс создания правил прогноза возникновения проблемных ситуаций состоит из следующих этапов:

1. Кодирование наблюдаемых значений признаков.
2. Автошкалирование кодированных численных значений признаков.
3. Нахождение коэффициентов корреляции между признаками и целевым признаком.
4. Анализ коэффициентов корреляции признаков с целевым признаком и выявление наиболее информативных из них.
5. Разбиение исходной выборки на контролирующую и обучающую выборки [2].
6. Автошкалирование кодированных численных значений признаков обучающей выборки.
7. Вычисление коэффициентов ковариации между признаками.
8. Нахождение собственных чисел и собственных векторов ковариационной матрицы.
9. Определение количества главных компонент в соответствии со значениями собственных чисел и заданным уровнем информативности.
10. Определение выражений для нахождения значений главных компонент.
11. Разбиение вариации значений главных компонент на интервалы и оценка условных вероятности попадания значений главных компонент при наличии и отсутствии проблемной ситуации.
12. Нахождение оценки апостериорных вероятностей проблемной ситуации.
13. Нахождение порога оценки апостериорной вероятностей проблемной ситуации, задающего решающее правило.



Данный метод может быть использован для формирования правил прогноза при создании баз знаний интеллектуальных информационных систем прогнозной диагностики в различных предметных областях.

Для экспериментального подтверждения метода использовалась выборка результатов генетических исследований 49 пациентов, среди которых у 30 пациентов не наблюдалась заболелание щитовидной железы, а у 19 пациентов оно было установлено. Проводились генетические исследования, в результате которых для пациентов были определены аллели девяти локусов генов [3]. В результате применения МГК было оставлено четыре главные компоненты. Априорные оценки вероятности наличия и отсутствия заболелания были взяты соответственно 0,21 и 0,79.

Оценка эффективности метода определялась на основе подсчета количества ошибок первого и второго рода. Количество ошибок в первого и второго рода в эксперименте для контролирующей выборки составили около 10% от всего объема выборки, что показывает об эффективности примененного метода.

### Литература

1. Горбунов, В.М. Теория принятия решений: учеб. пособие / В.М. Горбунов. – Томск.: Изд-во Национального Исследовательского Томского политехнического университета, 2010. –67 с.
2. Аляутдинова, Ф.Р. Формирование обучающих выборок для машинного обучения в задачах распознавания образов / Ф.Р. Аляутдинова, В.А. Суздальцев // Юность и знание: гарантия успеха. – Курск: Изд-во Юго-Западного гос. ун-та, 2015. – С. 246-249.
3. Аляутдинова, Ф.Р. Применение Байесовской вероятности в прогнозной диагностике / Ф.Р. Аляутдинова, В.А. Суздальцев, О.А. Кравцова // Инновации, качество и сервис в технике и технологиях. – Курск: Изд-во Юго-Западного гос. ун-та, 2015. – С. 30-34.

А.А. Бебнев, В.А. Моисеев, С.В. Малахов

### СИСТЕМА СИНХРОНИЗАЦИИ СЕРВИСОВ ПЛАНИРОВАНИЯ СОБЫТИЙ

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций  
и информатики)

Современное общество невозможно представить без информационных технологий. Большинство людей пользуется мобильными устройствами для повседневных задач, планирования событий и других назначений.

Устройство может быть не одно и на разных платформах, в связи с этим появляется нужда обновлять информацию на каждом гаджете, тем самым тратится много времени. Большинство облачных сервисов — веб-приложения, требующие от пользователя только наличия браузера, в котором они работают, и интернет-подключения. Это позволяет использовать данные в любой точке



планеты и не быть привязанным к одному устройству. Однако некоторые из сервисов нуждаются в установке дополнительных программ (проигрывателя Flash-графики или клиента для мгновенных сообщений), кроме того, для комфортной работы необходимо высокоскоростное подключение (от 512 КБ/с для Google Video, от 256 КБ/с для Google Earth).[1] К тому же, услуги облачных сервисов могут предоставлять разные компании.

В данный момент существует несколько облачных сервисов, предоставляющие примерно одинаковые услуги. Эти услуги могут использовать в своих проектах разработчики приложений. У каждого облачного сервиса есть собственный API (Application Programming Interface). Разработчику, для реализации одной и той же функциональности в приложении, придется использовать API каждого из сервисов. Это увеличивает объем написанного кода, усложняет его поддержку.

Разработка унифицированного доступа поможет разработчикам основной системы ускорить написание проекта, уменьшить объем кода, упростить поддержку. Это позволит сконцентрироваться на более важных аспектах проекта, таких как удобный графический интерфейс пользователя.

Унифицированный доступ к API облачных сервисов будет реализован в виде библиотеки. Все доступные возможности API облачных сервисов будут доступны по единым интерфейсам. Все одинаковые возможности будут объединены одним интерфейсом, с возможностью выбора используемого облачного сервиса. Такие функции как синхронизация заметок, событий в календаре и т.п. можно будет использовать, вызвав лишь один метод для каждой функции облачного сервиса соответственно. Разработчику не нужно будет писать функционал для каждого отдельного сервиса, который он планирует использовать. Все будет реализовано в библиотеке.

Основная цель разработки унифицированного доступа к API облачных сервисов – это упростить жизнь разработчикам. Такой функционал поможет более тщательно подойти к разработке более важных аспектов проекта.

Система будет представлять собой клиент-серверное программное обеспечение, которое при изменении информации на одном устройстве, автоматически синхронизировалось с другими устройствами, даже независимо от сервиса и платформы. Программное обеспечение предоставит удобный сетевой доступ в режиме «по требованию» к коллективно используемого набора настраиваемых вычислительных ресурсов, такого как планировщика событий (в дальнейшем сетей, серверов, хранилищ данных, приложений и/или сервисов), которые пользователь может оперативно задействовать под свои задачи и высвобождать при сведении к минимуму числа взаимодействий с поставщиком услуги или собственных управленческих усилий.[2]

Система будет применима в координации рабочего процесса таких служб как техническая поддержка, проектирование и разработка информационных систем, управление персоналом. Управление внутренним информационным ресурсом компании для коллективной работы над задачами, проектами и документами, для эффективных внутренних коммуникаций. Синхронизация



сервиса планирования событий между различными облачными сервисами и корпоративной системой (рис. 1).

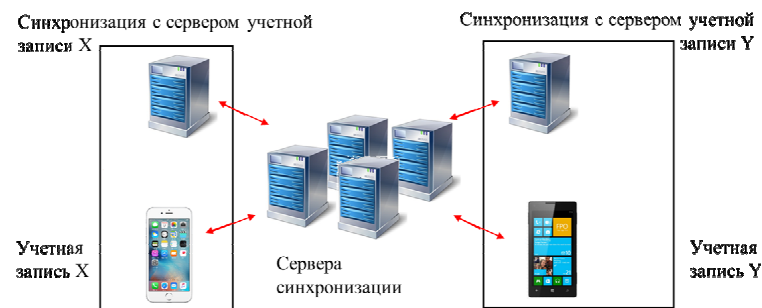


Рисунок 1 – Клиент серверная архитектура сервиса планирования событий

В повседневной жизни система позволит синхронизировать сервисы Google, Microsoft и Apple на различных платформах.

Существуют подобные системы синхронизации, которые позволяют синхронизировать данные между одним поставщиком услуг (синхронизация одного сервиса Google или других). Разрабатываемая система позволит достичь множественной синхронизации данных между различными платформами и сервисов Google, Microsoft, Apple и корпоративными системами (планирования событий или других). Серверную часть системы клиент может устанавливать самостоятельно на свое оборудование либо использовать сервер, разрабатываемый в рамках проекта.

Предложенные методы и средства защиты передачи и хранения персональной информации будут отличаться от традиционных. Эти методы и средства защиты информации можно будет использовать, не только в разрабатываемой системе, но и в корпоративных системах хранения, данных. Предложенный подход позволит увеличить безопасность хранения и обработки персональных данных.

Данное решение проблемы, позволит автоматизировать процесс синхронизации, тем самым значительно экономить время и средства, повышение доступности вычислительных ресурсов.

### Литература

1. Список служб и инструментов Google [Электронный ресурс] // Википедия Свободная энциклопедия. -2015. –Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Список\\_служб\\_и\\_инструментов\\_Google](https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_служб_и_инструментов_Google). свободный. –Загл. с экрана.
2. Что такое облачные сервисы для небольших компаний? [Электронный ресурс] // Торговля, склад и CRM онлайн. -2015. –Режим доступа: [http://www.moysklad.ru/chto\\_takoe\\_oblachnye\\_servisy](http://www.moysklad.ru/chto_takoe_oblachnye_servisy). свободный. –Загл. с экрана.



М.В. Бураков

## МОДИФИКАЦИЯ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ С ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛЮ

(Санкт-Петербургский государственный  
университет аэрокосмического приборостроения)

Адаптивные системы с эталонной моделью (АСЭМ) относятся к классу систем прямого адаптивного управления [1]. Как правило, эталонная модель имеет простую структуру, это может быть, например, передаточная функция невысокого порядка. Механизм настройки параметров регулятора стремится минимизировать ошибку между выходом замкнутой системы  $y(t)$  и выходом модели  $y_m(t)$ :

$$e(t) = y(t) - y_m(t) \rightarrow 0.$$

Рассмотрим простой алгоритм адаптации, использующий так называемое *правило MIT* (от *Massachusetts Institute of Technology*) [1, 2].

Определим целевую функцию, подлежащую минимизации, в виде:

$$J(\theta) = \frac{1}{2} e^2(\theta),$$

где  $\theta$  - настраиваемые параметры. Таким образом, целевая функция всегда положительна, и уменьшение  $J(\theta)$  означает уменьшение  $e$ .

Правило *MIT* предполагает изменение параметров  $\theta$  в направлении анти-градиента целевой функции:

$$\frac{d\theta}{dt} = -k \frac{\partial J}{\partial \theta} = -k \left( e \frac{\partial e}{\partial \theta} \right).$$

Коэффициент  $k$  определяет длину шага в процессе минимизации.

Выберем закон управления в виде

$$u(t) = \theta_1 g(t) - \theta_2 y(t).$$

Для объекта управления 2-го порядка закон адаптации имеет вид [1]:

$$\begin{cases} \frac{d\theta_1}{dt} = -\gamma \frac{\partial e}{\partial \theta_1} e = -\gamma \left( \frac{a_{1m}s + a_{0m}}{s^2 + a_{1m}s + a_{0m}} g(s) \right) e, \\ \frac{d\theta_2}{dt} = \gamma \frac{\partial e}{\partial \theta_2} e = \gamma \left( \frac{a_{1m}s + a_{0m}}{s^2 + a_{1m}s + a_{0m}} y(s) \right) e. \end{cases} \quad (1)$$

где  $\theta_1$  и  $\theta_2$  - настраиваемые параметры,  $a_{1m}$  и  $a_{0m}$  - параметры модели,  $g(t)$  - входной сигнал,  $\gamma$  - коэффициент скорости адаптации.

Выбор константы  $\gamma$  имеет большое значение для качества адаптации. Предлагаемая модификация АСЭМ заключается в использовании переменного значения коэффициента скорости адаптации, для выработки которого применяется обучаемая искусственная нейронная сеть (ИНС).

Входом ИНС служит  $e(t)$ , а также ее производная и интеграл (или их дискретные аналоги). В зависимости от решаемой задачи ИНС может иметь и другие входы.



Рассмотрим применение модификации АСЭМ в задаче управления двигателем постоянного тока (ДПТ). Цель адаптации здесь может ставиться как поддержание постоянной скорости вращения  $\omega(t)$  при изменении момента нагрузки  $M_H(t)$  на валу двигателя. Структура системы управления представлена на рис. 1.

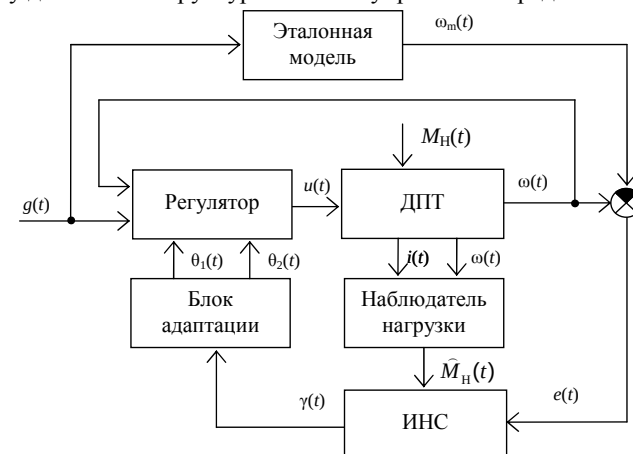


Рис. 1. Структура модифицированной АСЭМ

Одним из входов ИНС является оценка момента нагрузки, таким образом, ИНС имеет 3 входа (рис. 2).

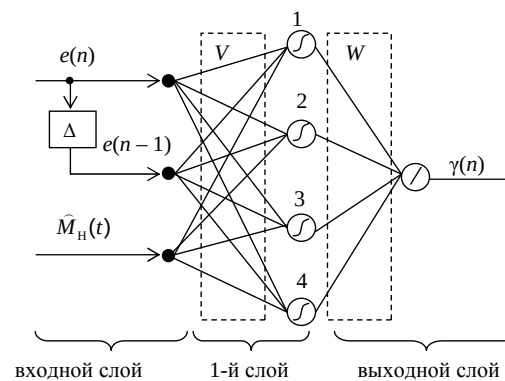


Рис. 2. Структура ИНС

Матрица весов  $V$  здесь полагается заданной исходя из способа аппроксимации интеграла и производной ошибки [3, 4]:

$$V = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}.$$





Активационные функции описываются с помощью кусочно-линейной аппроксимации.

В процессе обучения необходимо определить параметры активационных функций нейронов 1-го слоя и веса выходного слоя  $W$ . Для решения задачи был использован генетический алгоритм [5, 6]. Длина хромосомы здесь составила 20 генов – действительных чисел.

При вычислительном эксперименте в среде Simulink MatLab рассматривалось скачкообразное изменение нагрузки (рис. 3 и 4).

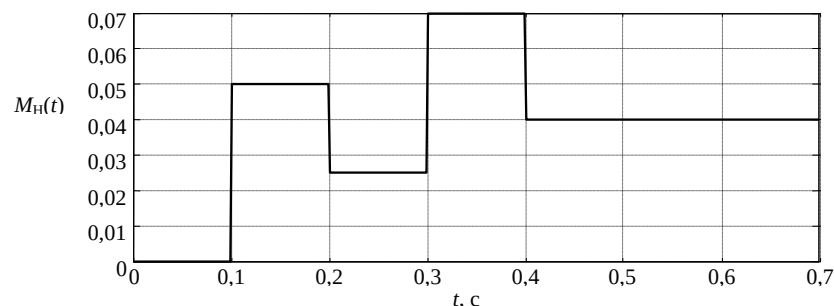


Рис. 3. Изменение нагрузки на валу двигателя

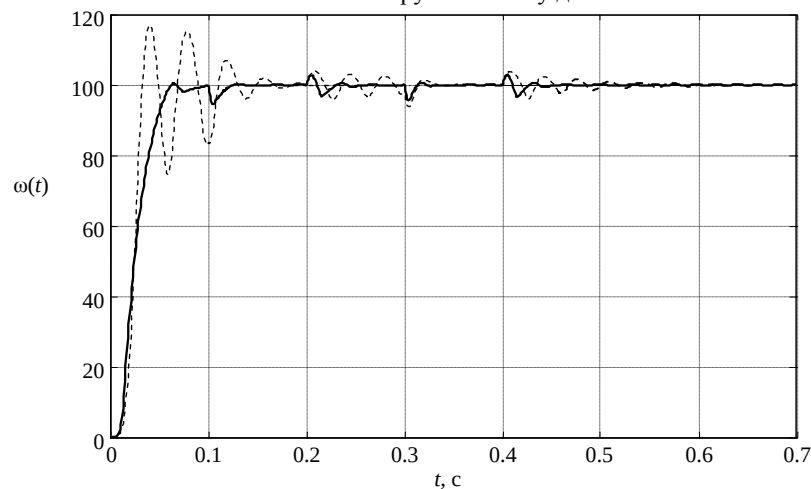


Рис. 4. Сравнение работы вариантов АСЭМ

Как показал эксперимент, наилучшим постоянным коэффициентом адаптации является  $\gamma = 0,5$ . На рис. 4 приведено сравнение работы АСЭМ с постоянным коэффициентом адаптации (пунктир) и АСЭМ с переменным  $\gamma$ , управляемым обученной ИНС.

На рис. 5 приведен график изменения  $\gamma$  во время переходного процесса.

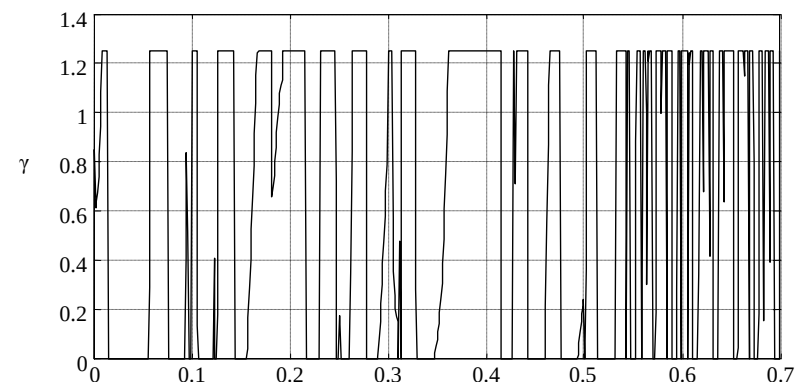


Рис. 5. Изменение коэффициента скорости адаптации

Таким образом, нейросетевое управление коэффициентом скорости адаптации АСЭМ обеспечивает заметное улучшение качества переходных процессов. Такая модификация АСЭМ может быть использована в системах электропривода и других приложениях.

### Литература

1. Astrom K. J., Wittenmark B. Adaptive Control, Addison Wesley, 1995. 574 p.
2. Gang T. Adaptive control design and analysis. John Wiley & Sons, New Jersey, 2003. 601 p.
3. Бураков М.В. Нейросетевая реализация ПИД-регулятора // XVI Всероссийская НТК «Нейроинформатика-2014»: Сборник научных трудов. В 3-х частях. Ч. 3. М.: НИЯУ МИФИ, 2014. С.117-125.
4. Бураков М.В. Конструирование нечеткого регулятора ПИД-типа // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015), Том 1: труды Международной НТК / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2015. С. 152-155.
5. Бураков М.В. Синтез нейронного регулятора // Изв. Академии наук. Теория и системы управления, 1999, №3, С.140-145.
6. Бураков М.В. Генетический алгоритм: теория и практика. СПб, ГУАП. 2008. 164с.



М.Е. Бурлаков

## ОПТИМИЗАЦИЯ НАИВНОГО БАЙЕСОВСКОГО КЛАССИФИКАТОРА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КЛАССИФИКАЦИИ СМС СООБЩЕНИЙ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

**Введение.** С момента появления технологии СМС сообщений прошло более 15 лет, и как всякая технология были этапы интенсивного роста, стабильной эксплуатации и медленного угасания (наблюдается в настоящее время [1,2]). Однако, несмотря на снижение популярности технологии СМС, в настоящее время, это единственная технология, способная доставлять текстовые сообщения поверх GSM трафика в отсутствии активного Интернет соединения, становясь, таким образом, гарантированным способом доставки (в случае активного статуса абонента в сети). Благодаря данной отличительной черте, СМС остается активным каналом распространения заведомо неинтересной, а порой и зловредной, информации для конечного потребителя, классифицируемой далее как спам. Также, несмотря на снижение СМС трафика, количество спама в нем продолжает расти [3]. Таким образом, задача внедрения существующих и разработка новых методов классификации сообщений является актуальной.

В настоящее время существует большое количество решений основанных как на неадаптивных, так и адаптивных алгоритмах. Среди подобных решений можно выделить: искусственные нейронные сети, искусственные иммунные алгоритмы, деревья решений, методы ближайших соседей ( $k$ -NN алгоритмы), регрессионные модели, вероятностные подходы и т.д. Также, большое внимание уделяется разработке новых алгоритмов, с использованием последних достижений в области машинного обучения и *DataMining*'а.

Наиболее популярным решением, установленным по умолчанию на многих программных комплексах и аппаратах пользователей, при классификации СМС сообщений является их определение в один из двух классов: класс спам ( $S$ ) сообщений и сообщений, не относящихся к спаму ( $nS$ ) [4]. Техника классификации зачастую основана на обнаружении ранее внесенных ключевых слов в некоторый «черный список». Например для ОС *Android* применяется технология *Spam SMS blocker* или *SMS spam runner* в ОС *Symbian*. Функционирование системы классификации основано на конечном числе ключевых слов в спам словаре и зачастую не удовлетворяют своими характеристиками при процессе классификации сообщений для конечного пользователя.

Однако, несмотря на постоянные разработки и совершенствование текущих алгоритмов, наивный байесовский классификатор (НБК) является одним из наиболее популярных алгоритмов [5] по причине простоты реализации и минимальных как человеческих, так и финансовых затрат при внедрении в информа-



ционные системы (ИС) компаний-провайдеров или на устройствах конечных потребителей (пользователей).

Простота и формализация подхода в НБК, при которой все слова в СМС сообщении не зависят друг от друга, делает его менее эффективным в случае, если бы учитывался и порядок слов. Поэтому его оптимизация, учитывающая данный аспект есть актуальная задача. Для этого предлагается использование основанного на НБК алгоритма, рассматривающего СМС не только как набор слов, но и как набор некоторых объектов (группы слов). Предполагается, что данный подход позволит повысить общую точность процесса классификации за счет расчета количества не только каждого слова, но и количества групп слов входящих в одно сообщение.

**Механизм расчета вероятности.** Наивный байесовский классификатор (НБК) – один из наиболее примитивных классификаторов, основанных на теореме Байеса с условием выполнения строгой независимости вероятностных компонент [6]. Данное допущение рассматривает каждое слово в сообщении отдельно и независимо от остальных. Вследствие этого, процесс обучения НБК сложен и нетривиален в силу затраты большого количества ресурсов для получения минимальной базы, пригодной для дальнейшей классификации сообщений.

Рассмотрим примитивное СМС сообщение  $\bar{x}$ , состоящее из конечного набора слов  $X_1, \dots, X_n$ :  $\bar{x} = \langle X_1, \dots, X_n \rangle$ .

Обозначим за  $Y$  класс (в нашем случае это классы  $S$  и  $nS$ ), к которому данное сообщение может быть отнесено. Тогда для любых двух слов  $X_1$  и  $X_2$  из сообщения  $\bar{x}$  вероятность отнесения к классу  $Y$  равно:

$$p(\bar{x} | Y) = p(X_1, X_2 | Y) = p(X_1 | X_2, Y) p(X_2 | Y) = p(X_1 | Y) p(X_2 | Y) \quad (1)$$

Экстраполируя на конечное число слов  $X_1, \dots, X_n$ , получим соотношение:

$$p(X_1, \dots, X_n | Y) = \prod_{i=1}^n p(X_i | Y) \quad (2)$$

С другой стороны, вероятность того что  $Y$  примет  $l$ -ое возможное значение для сообщения, состоящего из  $X_1, \dots, X_n$  слов, в соответствии с теоремой Байеса равна:

$$p(Y = y_l | X_1, \dots, X_n) = \frac{p(Y = y_l) p(X_1, \dots, X_n | Y = y_l)}{\sum_j p(Y = y_j) p(X_1, \dots, X_n | Y = y_j)} \quad (3)$$

В силу полной независимости слов сообщения друг от друга, вероятность примет вид:

$$p(Y = y_l | X_1, \dots, X_n) = \frac{p(Y = y_l) \prod_i p(X_i | Y = y_l)}{\sum_j p(Y = y_j) \prod_i p(X_i | Y = y_j)} \quad (4)$$

Получив механизм расчета вероятности, рассмотрим процесс построения обучающей таблицы. Обучающая таблица позволяет систематизировать появление тех или иных слов с дальнейшим расчетом вероятности отнесения сообщений, в которых данные слова встречаются к классу  $Y$  (классам  $S$  и  $nS$ ).



**Построение обучающей таблицы.** Для наглядности описания процесса построения обучающей таблицы для СМС сообщений, рассмотрим конкретный пример. Пусть дано пять СМС сообщений: два сообщения  $\bar{x}_1 = [X_1]$ ,  $\bar{x}_2 = [X_1, X_2]$  относящиеся к классу  $nS$  и три  $\bar{x}_3 = [X_3]$ ,  $\bar{x}_4 = [X_2, X_3]$ ,  $\bar{x}_5 = [X_2, X_3, X_2, X_3]$  к классу  $S$ . Тогда таблица векторов для выборки будет иметь вид:

Таблица 1. Векторная таблица сообщений

| Сообщение   | Класс | Количество слов |       |       |
|-------------|-------|-----------------|-------|-------|
|             |       | $X_1$           | $X_2$ | $X_3$ |
| $\bar{x}_1$ | $nS$  | 1               | 0     | 0     |
| $\bar{x}_2$ | $nS$  | 1               | 1     | 0     |
| $\bar{x}_3$ | $S$   | 0               | 0     | 1     |
| $\bar{x}_4$ | $S$   | 0               | 1     | 1     |
| $\bar{x}_5$ | $S$   | 0               | 2     | 2     |

В данном случае, из СМС сообщений были извлечены слова  $\langle X_1, X_2, X_3 \rangle$ , которые являются характеристическими признаками при дальнейшей классификации СМС сообщений. Извлечение слов подразумевает отсутствие учета знаков препинания. Тогда общее кол-во слов входящих в тот или иной класс (Таблица 2).

Таблица 2. Количество вхождений слов в определенные классы

| Слова | Класс $nS$ | Класс $S$ |
|-------|------------|-----------|
| $X_1$ | 2          | 0         |
| $X_2$ | 1          | 3         |
| $X_3$ | 0          | 4         |
| Итого | 3          | 7         |

В случае появления в системе нового сообщения  $\bar{x}$ , процесс выделения признаков (слов) будет состоять из следующих этапов:

1. Из сообщения удаляются все знаки препинания и выделяются только слова;
2. Слова не встречающиеся в исходной векторной таблице исключаются;
3. Подсчитывается общее количество оставшихся слов.

В нашем представленном примере, вероятность того, что новое СМС сообщение  $\bar{x}$  будет отнесено к классу  $nS$  равно:

$$p(nS | X_1, X_2, X_3) = p(nS)p(X_1 | nS)p(X_2 | nS)p(X_3 | nS) \quad (5)$$

А вероятность того что сообщение  $\bar{x}$  будет отнесено к классу  $S$  равно:

$$p(S | X_1, X_2, X_3) = p(S)p(X_1 | S)p(X_2 | S)p(X_3 | S) \quad (6)$$

Таким образом, рассчитав значение обеих вероятностей можно сказать, к какому классу будет отнесено сообщение  $\bar{x}$ .



**Оптимизация НБК.** Для оптимизации НБК, основанной не только на анализе слов как независимых компонент СМС сообщения, но и учитывающей последовательность слов (группы слов) опишем необходимые этапы:

**Построение обучающей таблицы.** Построение обучающей таблицы для оптимизации несколько отличается от того построения, что описано выше. Оно учитывает не только правило независимости слов в СМС сообщении, но и правило ассоциации слов друг с другом в рамках сообщения (учет порядка следования слов). Для учета данного аспекта опишем процесс построения ассоциаций слов.

**Процесс построения ассоциаций.** Для наглядности процесса построения ассоциаций рассмотрим конкретный пример. Пусть дано 9 СМС сообщений из классов  $nS$  и  $S$ : 5 из класса  $S$  и 4 –  $nS$  соответственно.

$$S: \bar{x}_1 = [X_1, X_2, X_5], \bar{x}_2 = [X_2, X_3], \bar{x}_3 = [X_1, X_3], \bar{x}_4 = [X_1, X_2], \bar{x}_5 = [X_1, X_2, X_3]$$

$$nS: \bar{x}_6 = [X_2, X_4], \bar{x}_7 = [X_1, X_2, X_4], \bar{x}_8 = [X_2, X_3], \bar{x}_9 = [X_1, X_2, X_3, X_5]$$

Максимальная длина анализируемых ассоциаций не может быть больше минимальной длины сообщений. В нашем случае, минимальная длина равна 2 (сообщения  $\bar{x}_2, \bar{x}_3, \bar{x}_4, \bar{x}_6, \bar{x}_8$ ). Таким образом, множество слов, характеризующих сообщения, входящие в класс  $S$  состоит из элементов  $[X_1] \setminus [X_2] \setminus [X_3] \setminus [X_5] \setminus [X_1, X_2] \setminus [X_1, X_3] \setminus [X_2, X_3]$ , тогда как множество  $nS$  состоит из элементов  $[X_1] \setminus [X_2] \setminus [X_3] \setminus [X_4] \setminus [X_5] \setminus [X_1, X_2] \setminus [X_2, X_3] \setminus [X_2, X_4]$ .

Составим таблицу векторов для классов  $nS$  и  $S$ . Для этого из каждой определенной последовательности для своего соответствующего класса, определим количество вхождений в соответствующее сообщение. Тогда, таблица векторов для класса  $S$  будет иметь следующий вид:

Таблица 3. Таблица векторов класса  $S$

| Сообщение   | Признаки (слова и их последовательности) |       |       |       |            |            |            |
|-------------|------------------------------------------|-------|-------|-------|------------|------------|------------|
|             | $X_1$                                    | $X_2$ | $X_3$ | $X_5$ | $X_1, X_2$ | $X_1, X_3$ | $X_2, X_3$ |
| $\bar{x}_1$ | 1                                        | 1     | 0     | 1     | 1          | 0          | 0          |
| $\bar{x}_2$ | 0                                        | 1     | 1     | 0     | 0          | 0          | 1          |
| $\bar{x}_3$ | 1                                        | 0     | 1     | 0     | 0          | 1          | 0          |
| $\bar{x}_4$ | 1                                        | 1     | 0     | 0     | 0          | 1          | 0          |
| $\bar{x}_5$ | 1                                        | 1     | 1     | 0     | 1          | 1          | 1          |

Таблица векторов для класса  $nS$  имеет следующий вид:

Таблица 4. Таблица векторов класса  $nS$

| Сообщение   | Признаки (слова и их последовательности) |       |       |       |       |            |            |            |
|-------------|------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|------------|------------|------------|
|             | $X_1$                                    | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ | $X_1, X_2$ | $X_2, X_3$ | $X_2, X_4$ |
| $\bar{x}_6$ | 0                                        | 1     | 0     | 1     | 0     | 0          | 0          | 1          |
| $\bar{x}_7$ | 1                                        | 1     | 0     | 1     | 0     | 1          | 0          | 1          |
| $\bar{x}_8$ | 0                                        | 1     | 1     | 0     | 0     | 0          | 1          | 0          |
| $\bar{x}_9$ | 1                                        | 1     | 1     | 0     | 1     | 1          | 1          | 0          |



Далее сформируем таблицу вхождения слов в определенный класс:

Таблица 5. Вхождение слов в определенный класс

| Признаки | Класс nS                  | Класс S | Признаки   | Класс nS | Класс S |
|----------|---------------------------|---------|------------|----------|---------|
| $X_1$    | 4                         | 2       | $X_1, X_2$ | 2        | 2       |
| $X_2$    | 3                         | 4       | $X_1, X_3$ | 3        | 0       |
| $X_3$    | 4                         | 2       | $X_2, X_3$ | 2        | 2       |
| $X_4$    | 0                         | 2       | $X_2, X_4$ | 0        | 2       |
| Итого:   | Класс nS :19, Класс S: 17 |         |            |          |         |

Таким образом:

- Общее число слов в словаре  $|X| = 9$ ;
- Вероятность определения слова в класс nS  $p(nS) = 4/9$ ;
- Вероятность определения слова в класс S  $p(S) = 5/9$ ;
- Общее число слов класса nS  $|nS| = 19$ ;
- Общее число слов класса S  $|S| = 17$ .

Рассмотрим конкретный пример, возьмем тестовое СМС сообщение вида  $\vec{x} = \langle X_1, X_1, X_2, X_2, X_3 \rangle$ . Тогда, в рамках построенной модели вероятность того, что сообщение будет отнесено к классу nS равно:

$$p(nS, X_1, X_1, X_2, X_2, X_3) = p(nS) \times p(X_1 | nS)^2 \times p(X_2 | nS)^2 \times p(X_3 | nS) \times p(X_1, X_2 | nS) \times p(X_1, X_3 | nS) \times p(X_2, X_3 | nS)$$

С другой стороны, вероятность того, что сообщение будет отнесено к классу S равно:

$$p(S, X_1, X_1, X_2, X_2, X_3) = p(S) \times p(X_1 | S)^2 \times p(X_2 | S)^2 \times p(X_3 | S) \times p(X_1, X_2 | S) \times p(X_1, X_3 | S) \times p(X_2, X_3 | S)$$

Исходя из вышесказанного, проведем сравнение с индивидуальным коэффициентом вероятности каждого слова и получим следующий результат:

$$p(X_1 | nS) = \frac{4+1}{19+|X|} = \frac{5}{28}, p(X_2 | nS) = \frac{3+1}{19+|X|} = \frac{4}{28}, p(X_3 | nS) = \frac{4+1}{19+|X|} = \frac{5}{28},$$

$$p(X_1, X_2 | nS) = \frac{2+1}{19+|X|} = \frac{3}{28}, p(X_1, X_3 | nS) = \frac{3+1}{19+|X|} = \frac{4}{28}, p(X_2, X_3 | nS) = \frac{2+1}{19+|X|} = \frac{3}{28},$$

$$p(X_1 | S) = \frac{2+1}{17+|X|} = \frac{3}{26}, p(X_2 | S) = \frac{4+1}{17+|X|} = \frac{5}{26}, p(X_3 | S) = \frac{2+1}{17+|X|} = \frac{3}{26},$$

$$p(X_1, X_2 | S) = \frac{2+1}{17+|X|} = \frac{3}{26}, p(X_1, X_3 | S) = \frac{0+1}{17+|X|} = \frac{1}{26}, p(X_2, X_3 | S) = \frac{2+1}{17+|X|} = \frac{3}{26},$$

Исходя из этого значение

$$p(nS, X_1, X_1, X_2, X_2, X_3) = \frac{4}{9} \times \left(\frac{5}{28}\right)^2 \times \left(\frac{4}{28}\right)^2 \times \left(\frac{5}{28}\right) \times \left(\frac{3}{28}\right) \times \left(\frac{4}{28}\right) \times \left(\frac{3}{28}\right) = 9 \times 10^{-9}$$

$$p(S, X_1, X_1, X_2, X_2, X_3) = \frac{5}{9} \times \left(\frac{3}{26}\right)^2 \times \left(\frac{5}{26}\right)^2 \times \left(\frac{3}{26}\right) \times \left(\frac{3}{26}\right) \times \left(\frac{1}{26}\right) \times \left(\frac{3}{26}\right) = 1.8 \times 10^{-9}$$

Исходя из проведенных вычислений, можно сказать, что тестовое сообщение  $\vec{x} = \langle X_1, X_1, X_2, X_2, X_3 \rangle$  с большей вероятностью будет отнесено к классу nS, нежели S.



**Сравнение НБК и оптимизированного алгоритма на практике.** Для практической реализации предложенной идеи бралась база данных SMS Spam Collection v.1 [7], состоящая из 5574 СМС из nS и S классов.

Обучение было построено следующим образом, брались первые 600 строк из представленной БД и на базе них строилась векторная таблица, далее бралось 100 сообщений и проводилось тестирование полученного алгоритма. Далее брались следующие 600 строк, и к ним следующие 100 для тренировки. Процесс был повторен 5 раз. Результаты работы представлены в Таблице 6.

Таблица 6. Сводная таблица результатов работы алгоритма

| № тестовой выборки | Оптимизированный алгоритм (%) | НБК(%) | Разница(%) |
|--------------------|-------------------------------|--------|------------|
| 1                  | 97.5                          | 96.0   | +1.5       |
| 2                  | 98.2                          | 96.3   | +1.9       |
| 3                  | 96.1                          | 95.5   | +0.6       |
| 4                  | 99.0                          | 97.2   | +2.8       |
| 5                  | 98.4                          | 96.8   | +1.6       |
| Итого (среднее):   | 97.84                         | 96.36  | +1.68      |

Таким образом, для выбранной коллекции СМС сообщений эффективность оптимизированного алгоритма на 1.68% выше, нежели чем у НБК.

**Выводы.** При рассмотрении СМС сообщений не только с точки зрения отдельных слов но и их ассоциаций, точность предложенного оптимизированного алгоритма выше, нежели чем у НБК. Таким образом, более полный анализ структуры СМС сообщений позволяет не только повысить качество классификации, но и открывает большие перспективы с точки зрения разработки новых алгоритмов и оптимизации существующих.

## Литература

1. Portio Research оценивает мировой рынок мобильных сообщений в 2011 году [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.mforum.ru/news/article/099200.htm>
2. Worldwide A2P SMS Markets 2014-2017 [Электронный ресурс]. – 2014. – Режим доступа: <http://www.strikeiron.com/wp-content/uploads/2014/12/whitepaper-sms-2014-2017-portio-research.pdf>
3. Cloudmark наблюдает рост потоков SMS-спама [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <https://securelist.ru/blog/novosti/3684/cloudmark-nablyudaet-rost-potokov-sms-spama/>
4. Machine learning methods for spam e-mail classification [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://airccse.org/journal/jcsit/0211jcsit12.pdf>
5. S. Weiss, C. Apte Maximizing text-mining performance // IEEE Intelligent Systems. - 1999. - 63–69 с.



6. Наивный байесовский классификатор [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Наивный\\_байесовский\\_классификатор](https://ru.wikipedia.org/wiki/Наивный_байесовский_классификатор).

7. SMS Spam Collection v. 1 [Электронный ресурс]. – 2011. – Режим доступа: <http://www.dt.fee.unicamp.br/~tiago/smsspamcollection/>

А.А. Буцких, Е.А. Розылина, О.А. Синкина

## ОБНАРУЖЕНИЕ УГРОЗ И ПЕРЕСТРОЙКА СЕТИ В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ «УМНЫЙ ДОМ»

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций  
и информатики)

В настоящее время всем давно уже известно про “Умный дом”, главной задачей которого является обеспечение комфортной жизнью человека посредством использования высокотехнологических средств [1]. Принцип работы системы “Умный дом” заключается в автоматизации всего, что окружает жильца. Для обеспечения комфортной и безопасной жизни трудятся многочисленное количество датчиков, которые отправляют данные в центр управления, где сведения проходят обработку, после чего происходит корректировка устройств в доме. Из-за постоянного потока данных внутренних канал связи “забивается”, что приводит к падению скорости передачи данных. Падение скорости является критичным показателем для медиа информации, в частности видео. Главным источником видеoinформации является подсистема видеонаблюдения, которая относится к системе безопасности.

В работе предлагаются алгоритмы обработки и анализа видеоизображения, и перестройка сети в зависимости от угрозы безопасности человека и его собственности.

Видеонаблюдение используется в моменты, когда в доме отсутствуют люди, поэтому в кадре видеонаблюдения отсутствует движение. Кадр, в котором отсутствует изменение, будем считаться нулевым  $K_0$  (эталонный кадр). При видеосъемке получаем новые кадры  $K_n$ , которые сравниваются с эталонным. Сравнение происходит по следующему алгоритму. Кадры  $K_n$  и  $K_0$  преобразуются в числовые матрицы, размеры которой соответствуют разрешению видеоизображения. Каждый элемент матрицы соответствует уровню спектральной яркости пикселя. Далее идёт сравнительный анализ матриц, где сравниваются элементы матрицы с одинаковыми координатами. Далее происходит поэлементное вычитание значений, при этом результат берётся по модулю. Получается третья матрица, которая является матрицей разности спектральных уровней яркости. Все элементы матрицы суммируются. Полученное значение является параметром, который характеризует изменения в кадре  $S(t)$  (где  $t$  – является временем получения кадра). При появлении в кадре движущегося объекта происходит значительное изменение уровней яркости отдельных пик-



селей, при этом параметр  $S(t)$  значительно возрастёт. Параметры  $S(t)$  и  $t$  отправляются в охранную организацию (только параметры, а не весь видеоряд), где на монитор выводится график зависимости полученных данных. Параметр  $S(t)$  не может быть равным нулю, т.к. показатели изменения уровней яркости всего изображения постоянно меняются. Это связано в основном с освещением в помещении, которое может быть естественным или искусственным и меняться с течением времени под действием. Поэтому график  $S(t)$  будет иметь скачкообразную форму. Чтобы не тревожить сотрудника охраны при каждом изменении в кадре, выставляется пороговое значение для  $S(t)$ , выше которого включается предупредительный сигнал. Возможен вариант с резким изменением спектрального уровня яркости по всему кадру (например: при автоматическом включении света в помещении), что приводит к резкому повышению  $S(t)$  и ложному оповещению охраны. Для предотвращения подобной ситуации, происходит предварительный анализ изображения, при котором назначается новый эталонный кадр  $K_0$ .

Если посторонний объект появился в кадре, и произошло оповещение об этом, то сотрудники охраны посылают запрос на получение видеоизображения на сервер системы безопасности. В случае недостатка ширины канала для обеспечения передачи без задержки, снижения качества, потери пакетов видео данных применяется приоритезация передачи пакетов.

Приоритезация передачи пакетов в коммутаторе состоит из следующих этапов:

- 1) прием трафика с любого порта;
- 2) маркировка пакетов трафика по приоритету передачи;
- 3) размещение трафика в приоритетные очереди на выходном порту.

Для реализации приоритезации передачи пакетов используется алгоритм Strict Priority Queuing (SPQ). SPQ сначала передаются пакеты из очереди, имеющей максимальный приоритет, и только когда она полностью освободится, коммутатор начнет передачу данных из следующей по приоритету. Данные системы безопасности приобретают первичный приоритет. При пакетной передаче информации пакеты систем безопасности маркируются ( $Q_7$ ) и проходят в первую очередь. Остальные пакеты от сторонних систем отбрасываются и отправляются в буферную память, где будут ожидать своей отправки в канал связи. Количество буферов соответствует количеству очередей, которые поддерживает коммутатор (не более восьми). Возможен случай, когда пропускной способности канала достаточно для передачи видео данных в требуемом качестве и остаётся некоторый запас, используют смешанные алгоритмы. SPQ для очередей с наивысшим приоритетом ( $Q_7$ ) и обслуживают на основе алгоритма SPQ, а для всех остальных ( $Q_6-Q_0$ ) применяют вариант и Weighted Round Robin (WRR), в котором используются специальные взвешенные процедуры для отправки пакетов. Каждой очереди (исключая  $Q_7$ ) выделяется определенный лимит для передачи: чем выше приоритет очереди, тем больше пакетов из нее передается, но в любом случае будут опрошены все очереди в порядке снижения приоритета: после истечения выделенного периода обслуживания одной очереди.



ди коммутатор перейдет к обработке пакетов очереди, следующей по приоритету. В настоящее время для маркировки IP-пакетов протокол Differtiated Services (DS или DiffServ), который обрабатывает трафик в промежуточных системах с учетом его относительной приоритетности, основанной на значении поля типа обслуживания (ToS). DiffServ увеличивает количество уровней приоритета, поддающихся определению путем перераспределения битов IP-пакета для маркировки приоритета

После получения видео файла в центральном пункте оповещения охранного предприятия, проводится анализ и оценка видеоизображения сотрудниками охранного предприятия, после чего принимается решение о дальнейших действиях, где либо посылается наряд сотрудников на место нарушения, либо происходит «Отбой». В случае отправки сообщения «Отбой», происходит перестройка сети в первичное состояние. Охрана начинает получать график S(t), вместо видеоизображения, первичный приоритет передачи пакетов системы безопасности отменяется и передача данных по каналу связи возвращается к настройкам по умолчанию.

Совокупность использования алгоритмов обработки и анализа видеоизображения, и самонастраивающаяся сеть в зависимости от нагрузки на канал связи позволяет получить стабильную и надёжную подсистему видеонаблюдения, которая позволяет снизить общую нагрузку на канал на 20-35% (в зависимости от разрешения кадра видеоряда) в состояние «покоя», что даёт дополнительный запас для подключения сторонних гаджетов в общую сеть передачи данных умного дома. Также стоит отметить, что система оповещения охранного предприятия является более эффективной, в отличие от прямого видеоконтроля, так как не требует от сотрудника предприятия постоянного наблюдения.

### Литература

1. Росляков А.В., Ванышин С.В., Гребешков А.Ю., Самсонов М.Ю.; под ред. А.В. Рослякова Интернет вещей // Самара: ПГУТИ, ООО «Издательство Ас Гард», 2014. – 340 с.

Г.О. Волков

### РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ УЧЕБНЫМ ПРОЦЕССОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики)

Электронное обучение, в настоящее время, одно из наиболее динамично развивающихся направлений в образовании, которое представляет собой способ обучения, основанный на использовании в учебном процессе компьютеров и компьютерных программ [1].



Привлечение в образовательный процесс современных технологий является перспективной задачей, о чем свидетельствует исследование проведённое Венчурным Барометром [2], по результатам которого направление электронного обучения является одним из наиболее привлекательных для инвестирования, вставая в один ряд с финансовыми, мобильными, рекламными и облачными технологиями.

Автоматизация процессов контроля и управления учебным процессом в рамках компьютерного класса, позволит качественно повысить эффективность работы преподавателей, за счёт сокращения времени на постановку задачи, отслеживания состояния выполнения и контроль завершения задач обучаемыми.

Подобные программные продукты [3] существуют, они предоставляют инструменты для управления компьютерным классом. Наиболее известные из них NetOp [4], NetControl [5] и Radmin [6]. К базовым функциям этих систем относятся дистанционное управление удаленными компьютерами обучаемых [7], протоколирование сеанса, в том числе запись видео, осуществление непрерывного контроля за всеми подключенными устройствами путём отображения миниатюрных копий экранов у преподавателя, сбор и рассылка файлов, проигрывание видео-сообщений, возможность общения в чате, а так же наличие инструментов для одновременного воздействия на группу компьютеров, например, блокировка устройств ввода-вывода, контроль сетевого трафика, управление питанием [8] и другие. Однако, следует отметить недостатки обозреваемых приложений: преимущественное ориентирование на операционную систему (ОС) Windows, что увеличивает стоимость содержания компьютерного класса [9] и не позволяет использовать разные ОС для участников образовательного процесса [10]; невозможность ограничения потребления сетевого трафика, повышающее время отклика интерфейса пользователя; отсутствие функций для интеллектуальной помощи обучаемым и управления учебным процессом в рамках компьютерного класса.

Добавляя интеллектуальную составляющую в управление процессом взаимодействия преподавателя с обучаемыми, предлагается подход основанный на написании сценариев для проведения интерактивных занятий. Сценарий, в общем виде — это план занятия, который состоит из логических блоков, ограниченных по времени, содержащих подзадачи, которые обучаемый должен решить в контексте занятия. Интеллектуальная система помощи должна в реальном времени «отслеживать» действия пользователя и ориентируясь на «контрольные точки», определённые преподавателем в ходе планирования, давать объективную оценку работе обучаемого. Здесь могут быть определены такие показатели как временные затраты, состояние выполнения поставленных задач, использование дополнительных источников информации, бездействие пользователя или совершенно неверное направление деятельности. Данная система уведомит преподавателя и проведёт анализ действий обучаемого, с последующим воздействием, в качестве подсказки или автоматической настройкой рабочего окружения.





Таким образом, данная система позволит производить централизованный автоматизированный контроль за выполнением заданий, обеспечит раздачу и сбор блоков задач, сократит время на постановку и оценку задач в ходе проведения занятий, позволит увеличить индивидуальное время, уделяемое преподавателем каждому обучаемому, даст возможность разного территориального расположения участников образовательного процесса, а так же, при глубокой детализации заданий, позволит ограничить деятельность преподавателя написанием плана и окончательной оценкой результатов.

### Литература

1. Ибрагимов И.М. Информационные технологии и средства дистанционного обучения. — М: Академия, 2005. — с. 331.
2. В какие направления готовы сегодня вкладывать деньги инвесторы [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://vc.ru/p/up-and-down>, свободный. — Загл. с экрана.
3. Сообщество учителей Intel Education Galaxy [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://edugalaxy.intel.ru/?showtopic=2509>, свободный. — Загл. с экрана.
4. Программный продукт для преподавателей для работы в компьютерном классе NetOp School [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.netop.ru/classroom-management/netop-school>, свободный. — Загл. с экрана.
5. NetControl 2 - софт для компьютерных классов [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.netcontrol2.ru/nc2>, свободный. — Загл. с экрана.
6. Radmin 3: удалённое управление компьютерами, система удалённого доступа, сетевое администрирование [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.radmin.ru/products/radmin/>, свободный. — Загл. с экрана.
7. Программы удалённого управления компьютером [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.ixbt.com/soft/remote-control-freeware.shtml>.
8. Wake On Lan [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.wakeonlan.ru/>, свободный. — Загл. с экрана.
9. Сравнение распространенных операционных систем [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://nsportal.ru/ap/library/nauchno-tekhnicheskoe-tvorchestvo/2012/03/04/sravnenie-rasprostranennykh-operatsionnykh-sistem>, свободный. — Загл. с экрана.
10. Рейтинг операционных систем 2015 [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.white-windows.ru/rejting-desktopnyh-operatsionnyh-sistem-2015/>, свободный. — Загл. с экрана.



И.В. Воронцова<sup>1</sup>, Т.С. Рогова<sup>1</sup>, А.Н. Филатов<sup>1</sup>, В.А. Комаров<sup>2</sup>

### КОНСТРУКТОРСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА НА ОСНОВЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО НИСХОДЯЩЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ЕДИНОМ ИНФОРМАЦИОННОМ ПРОСТРАНСТВЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

(<sup>1</sup>АО «РКЦ «Прогресс», <sup>2</sup>Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва)

### Введение

В условиях быстрого темпа развития информационных технологий (ИТ), на предприятиях космической отрасли главным приоритетом на сегодняшний день стоят вопросы внедрения передовых и инновационных подходов к проектированию изделий на всех этапах ЖЦ выпускаемой продукции. В соответствии с концепцией развития ИТ в промышленно-оборонном комплексе перед предприятием АО «РКЦ «Прогресс» на сегодняшний день стоят сложные научно-технические и организационные задачи, такие как сокращение сроков проектно-конструкторских работ, постоянное совершенствование уровня проектирования и постоянная информационная поддержка конструкторской подготовки производства (КПП) изделий РКТ. Целью применения всех вышеперечисленных мероприятий является сокращение сроков проектирования, конструирования и производства РКТ, а также повышение качества выпускаемых изделий.

#### 1. Единое информационное пространство предприятия АО «РКЦ «Прогресс»

Информационные технологии – важнейший инструмент современного машиностроительного предприятия. Одной из главных идей ИТ является создание ЕИП.

Основу ЕИП предприятия АО «РКЦ «Прогресс» на каждом этапе ЖЦ РКТ составляют:

- Специализированные автоматизированные системы, интегрированные в единой среде управления инженерными данными PDM-системы «Windchill PDMLink». Проектно-конструкторские работы осуществляются в системе автоматизированного проектирования (САПР) «Creo Parametric», после чего готовая аннотированная 3D-модель выгружается и сдается на хранение в PDM-систему. В процессе создания трехмерной модели изделия формируется электронная структура изделия, которая определяет совокупность составных частей изделия и связей между ними. Инженерные расчёты ведутся в программах «Ansys», «Nastran» и «Логос», технологическая подготовка производства (ТПП) осуществляется в «Creo Parametric» и САПР ТП «Вертикаль»;
- Активное внедрение электронного документооборота, которое подразумевает собой согласование и изменение КД в электронном виде с



использованием усиленной ЭП, гарантирующей защиту от несанкционированных изменений документа, а также задействование всех служб, согласующих документацию в бумажном виде, в упомянутых выше процессах согласования и изменения КД, что приводит к пониманию того, что электронный документ (ДЭ) может являться подлинником.

При организации ЕИП возникает ряд положительных факторов:

- Обеспечение целостности данных;
- Возможность организации доступа к данным географически удаленных участников ЖЦ изделия;
- Отсутствие потерь данных при переходе между этапами ЖЦ изделия;
- Отслеживание изменений данных и доступ к ним одновременно для всех участников ЖЦ изделия;
- Повышение скорости поиска данных и доступа к ним по сравнению с бумажной документацией;
- Обеспечение совместной работы проектных, конструкторских, технологических и других служб предприятия.

## 2. Жизненный цикл сложного наукоемкого изделия

Изделия РКТ являются сложными наукоемкими изделиями, их ЖЦ можно разделить на следующие этапы:

- Разработка технического задания (ТЗ);
- Проектирование и конструирование. Для построения эффективного процесса проектно-конструкторских работ на предприятии разработана, прошла апробацию и внедрена технология параллельного нисходящего проектирования. Далее мы подробно рассмотрим ее основные аспекты.
- ТПП. На данном этапе на предприятии используется система автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) «ВЕРТИКАЛЬ», интегрированная с системой «Windchill PDMLink».

В рамках единой системы управления инженерными данными технологи, получив конструкторскую документацию и конструкторский состав изделия, формируют технологический состав разрабатываемого изделия, на основе которого в системе создаются технологические процессы ТП посредством САПР ТП «ВЕРТИКАЛЬ». Полученные конструкторский и технологический составы передаются в автоматизированную систему управления предприятием (АСУП) собственной разработки.

- Производство. Имея в АСУП календарный план изготовления, технологические данные в техпроцессе и структуру изделия в «Windchill PDMLink», мы можем автоматизированным способом построить внутрицеховой план с возможностью его оперативного изменения и оптимизации. Перечисленные системы обеспечивают получение данных о производстве в режиме реального времени и позволяют осуществлять формирование планов цехов основного производства и оперативный расчет оптимизированных производственных расписаний для рабочих центров.



Построение такого плана и производственных расписаний осуществляется на базе системы «Preactor».

«Preactor», «Windchill PDMLink», САПР ТП «ВЕРТИКАЛЬ» и АСУП вместе представляют собой мощный программный комплекс для эффективного решения задач подготовки, планирования и диспетчеризации производства в едином информационном пространстве на каждом этапе ЖЦ изделия.

## 3. Стратегия внедрения электронного документооборота

В соответствии с концепцией развития ИТ в промышленно-оборонном комплексе, с целью построения ЕИП на предприятии АО «РКЦ «Прогресс» активно внедряется электронный документооборот (ЭД).

Основой электронного документооборота является электронный технический документ (ЭТД). ЭТД – это конструкторский документ, выполненный в электронной форме как структурированный набор данных, создаваемых программно-техническим средством. ЭТД состоит из реквизитной и содержательной частей. Содержательная часть документа может быть представлена в виде текстового документа, 2D-чертежа или 3D-модели, которая может полноценно заменить 2D-чертеж. Реквизитная часть представляет собой набор атрибутов и их значений. Неотъемлемой частью реквизитной части ЭТД является ЭП, предназначенная для удостоверения и подтверждения его подлинности и целостности.

До 2008 г. на предприятии существовал бумажный документооборот. Внедрение ЭД началось с 2008 года, когда была установлена система «Windchill PDMLink 9».

Между 2008 и 2014 гг. изучались возможности системы, и были разработаны автоматизированные бизнес-процессы (БП), предполагающие согласование и изменение КД в электронном виде. При этом КД подписывалась у проверяющего, согласующего и утверждающего и сдавалась в электронный архив, где формировались ссылки на КД и помещались в систему «Лощман». Отрицательные моменты данного периода состояли в том, что:

- документация подписывалась простой подписью, не гарантирующей защиту от несанкционированных изменений;
- документация подписывалась только у проверяющего, согласующего и утверждающего, то есть не у всех служб, проверяющих документацию в бумажном виде;
- существовал подсчет контрольной суммы, с помощью которой проверялось отсутствие несанкционированных изменений в документации.

Эти моменты лишь частично приближали ДЭ к понятию того, чтобы он являлся подлинником. Поэтому в 2014 году на предприятии было решено внедрить усиленную электронную подпись. В соответствии с Федеральным законом от 6 апреля 2011 г. № 63-ФЗ «Об электронной подписи» усиленная ЭП – это подпись, которая:

- получена в результате криптографического преобразования информации в ДЭ с использованием ключа ЭП;
- позволяет определить лицо, подписавшее ДЭ;



- позволяет обнаружить факт внесения изменений в ДЭ после момента его подписания;

- создается с использованием средств ЭП.

Внедрение усиленной ЭП позволило отказаться от подсчета контрольной суммы, включить в согласование все службы предприятия, участвующие в процессе подписания КД. Соответственно, был проведен реинжиниринг БП.

Внедрение системы электронного документооборота на предприятии с использованием электронной подписи позволяет:

- существенно сократить сроки разработки конструкторской и всей сопутствующей документации;
- уменьшить количество извещений об изменении (разработка изделия «с первого захода»);
- коллективно работать над проектами с разграничением прав доступа;
- надежно хранить информацию и осуществлять ее быстрый поиск в электронных архивах;
- максимально использовать в новых разработках отработанные и проверенные технические решения, хранящиеся в базе данных (БД);
- исключить ошибки за счет устранения нескольких источников хранения одной и той же информации разных версий;
- сократить сроки выпуска на рынок качественного изделия, соответствующего требованиям стандартов.

На данный момент проблемой перехода на полностью электронный документооборот на предприятии АО «РКЦ «Прогресс» является то, что служба заказчика, которая также согласовывает КД, не проводит согласование в электронном виде. Данная проблема существует по причине отсутствия новых стандартов, которые бы описывали работу службы заказчика с ДЭ.

#### 4. Электронная структура изделия

Единицей хранения данных об изделии на предприятии АО «РКЦ «Прогресс» является ЭСИ, которая определяет совокупность составных частей изделия и связей между ними. При этом существует возможность перехода от общей структуры изделия к каждому конкретному узлу или агрегату, а также открытия его графического представления, просмотра основных атрибутов и получения полной информации об объекте.

ЭСИ позволяет:

- Генерировать спецификацию изделия;
- Поддерживать актуальность данных об изделии;
- Отслеживать проводимые изменения;
- Управлять конфигурациями изделия.

Правильно сформированная ЭСИ позволяет сгенерировать спецификацию изделия нажатием одной кнопки с помощью модуля «Генератор спецификаций» собственной разработки.



#### 5. Параллельное нисходящее проектирование

Для построения эффективного процесса проектно-конструкторских работ на предприятии разработана, прошла апробацию и внедрена технология параллельного нисходящего проектирования как комплекс организационно-технических мер, обеспечивающих разработку высокотехнологичных изделий с оптимальным использованием современных вычислительных возможностей и передового программного обеспечения. Технология базируется на решениях САПР «Creo/Parametric» и системы управления инженерными данными «Windchill PDMLink».

Как известно, процесс проектирования изделий с использованием САПР может быть реализован в виде двух возможных принципиально отличных друг от друга методов: восходящего (снизу - вверх) и нисходящего (сверху - вниз) проектирования.

При традиционном подходе к проектированию с использованием трехмерных САПР новые изделия проектируются так, что сначала разрабатывают электронные модели отдельных деталей, независимо друг от друга. Затем из них, как из составных частей, создают отдельные модели сборок и уже завершающим этапом создается сборочная конструкция в целом, которая определяет в конце процесса состав изделия и, соответственно, его спецификацию. Важно отметить, что конструктор разрабатывает детали индивидуально и независимо от сборки.

При использовании восходящего проектирования существуют два основных отрицательных момента:

- высокая вероятность получить некорректную сборку изделия (пересечение деталей, несовпадающие посадочные места и т.п.), поскольку входящие в неё детали сборочной единицы (ДСЕ) спроектированы независимо друг от друга;
- сложность и высокие затраты времени на проведение изменений, затрагивающих большое число моделей ДСЕ (например изменение габарита изделия), так как в данном случае необходимо вручную идентифицировать и исправлять модели ДСЕ, зависящие от исходного изменения конструкции, а также проверять модели сборок на пересечение компонентов, механизмы - на работоспособность и т.д.

Практически все системы проектирования имеют средства для создания взаимосвязей между компонентами путем введения соотношений между параметрами деталей или путем создания моделей деталей в контексте сборки с привязкой их геометрии к уже разработанным моделям. Однако такая последовательность связей, когда каждый новый компонент сборки зависит от нескольких предыдущих, негативно сказывается на работе с большими сборками. Наличие же большого количества перекрестных ссылок затрудняет проведение конструктивных изменений в ходе проработки различных вариантов конструкции изделия.

Альтернативой рассмотренному методу является метод нисходящего проектирования, когда изделие разрабатывается сначала как концептуальная



модель, а затем в процессе проектирования постепенно развивается в полноценную модель с деталями и сборками. Конструктор работает с деталью, создавая ее электронную модель, как с частью одного большого изделия, имея при этом возможность отслеживать связи между компонентами.

Главной особенностью нисходящего проектирования является то, что концептуальная информация об изделии помещается на более высокий уровень, а затем распределяется на более низкие уровни структуры проекта. При такой схеме большая часть концептуальной информации становится доступной для любого конструктора, входящего в рабочую группу, и может быть использована или включена в конструкцию входящих моделей ДСЕ. Ключевое преимущество метода заключается в том, что, фиксируя всю концептуальную информацию в одном источнике (модели), мы существенно облегчаем ее изменение в случае необходимости, поскольку система автоматически изменяет компоненты, которые имеют ссылки на эту модель.

При нисходящем проектировании основная информация о геометрии изделия содержится в модели каркаса или мастер-геометрии. Все компоненты спроектированы с привязками к мастер-геометрии. Изменение геометрии каркаса управляет геометрией всей сборки. На базе одного каркаса может быть проработано несколько вариантов комплектации изделия.

Применение нисходящего проектирования предусматривает создание многоуровневой управляющей структуры, содержащей всю основную геометрию и базовые параметры проектируемого изделия. В основе управляющей структуры лежат модели мастер-геометрии. Данные из мастер-геометрии верхнего уровня передаются на нижестоящий уровень и дополняются уточняющей геометрией, позволяя, таким образом, сформировать полную концептуальную схему проектируемого изделия. Разветвленная схема управляющей структуры дает возможность организовать параллельную работу разных подразделений проектантов и конструкторов. Заключительным этапом является создание реальных конструкторских моделей ДСЕ со ссылками на мастер-геометрию.

Разработка нового изделия методом нисходящего проектирования позволяет в полной мере обеспечить поддержку следующих сторон реального процесса проектирования:

- предварительная разработка структуры изделия;
- проработка концепции на стадии трехмерного эскизного проекта;
- детальная проработка конструкции изделия на стадии рабочего проекта;
- возможность организации параллельной работы групп проектировщиков и конструкторов за счет использования в качестве исходной информации общей геометрии, распределяемой через структуру каркасных моделей (мастер-геометрий);
- возможность осуществления контроля над привязками и управления потоком информации в рамках проекта;



- возможность быстрого обновления состояния общей геометрии в рабочих группах при изменении начальных условий проекта.

Использование метода нисходящего проектирования дает возможность не только разработки и выпуска конструкторской документации на базе моделей сборок и деталей изделия, но и выполнения других работ по подготовке производства, включая разработку моделей и КД сборочной оснастки на основе конструкторских данных в качестве входящей информации; разработку рабочей и контрольной оснастки, а также разработку управляющих программ для станков с ЧПУ на базе моделей деталей.

При разработке проекта по технологии параллельного нисходящего проектирования весь проект разбивается на две основные отдельные части (рисунок 1):

- управляющая структура;
- конструкторская сборка изделия (МС).

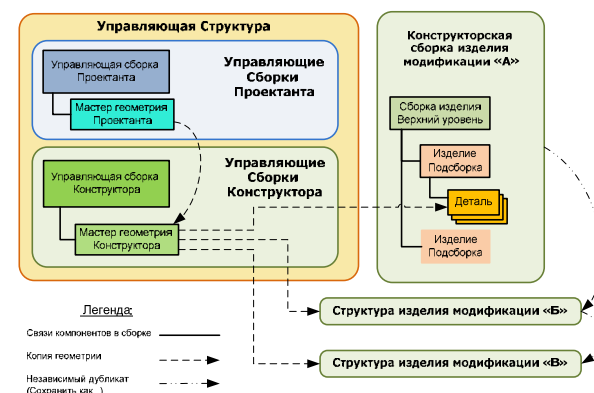


Рисунок 1 - Схема проекта

В основе схемы на этапе разработки и проектирования конструкции изделия заложен последовательный переход от управляющей структуры к конструкторской сборке изделия. Это позволяет в одни и те же модели управляющей структуры заложить разные варианты или модификации изделия. Управляющая структура является местом упрощенных проектных и конструкторских проработок и схема её деления на подсборки может значительно отличаться от финальной схемы узлового.

Управляющая структура, в свою очередь, состоит из управляющей сборки проектанта (УСП) и управляющей сборки конструктора (УСК). Эти три основные сборки - УСП, УСК и МС - не входят друг в друга. УСП и УСК состоят из файлов мастер-геометрии, в которых разработчики создают контрольную геометрию. МС собрана из компонентов согласно структуре состава изделия и содержит модели реальных ДСЕ. Для простоты на схеме, представленной на рисунке, показаны одноуровневые сборки. Реальный проект,



разумеется, имеет существенно больше разветвлений, чем это показано на схеме.

Разработка проекта начинается с того, что проектанты создают управляющую сборку проектанта. В файлы мастер-геометрии УСП заносятся основные параметры изделия согласно ТЗ на его разработку. Создаются теоретические обводы всего изделия, и разрабатывается компоновка основных узлов и агрегатов. Отметим, что на данном этапе делаются достаточно простые геометрические построения, так как важно эти построения сделать в единой, удобной и понятной всем разработчикам форме для дальнейшего использования. Результатом работы проектантов является мастер-геометрия проектанта (МГП) и модель распределения пространства (ПРП), которые содержат информацию для проведения работ конкретными конструкторскими подразделениями. МГП и ПРП доступны конструкторам только в режиме чтения.

Ведущие конструктора, занимающиеся разработкой конструкции изделия по направлениям, используют МГП и ПРП в качестве основополагающей информации. Они копируют геометрические данные из МГП и ПРП в файлы мастер-геометрии конструктора УСК. На основании скопированной геометрии конструктора разрабатывают мастер-геометрию на узел.

Конструктора создают и управляющую сборку конструктора и конструкторскую сборку изделия. В управляющей сборке конструктора они прорабатывают конструкцию, размечают места крепежа, прорисовывают места стыковки деталей. В конструкторской сборке они создают твердотельные модели детали и располагают их в нужном месте в структуре сборки, в соответствии со схемой узлового изделия.

В данном процессе реализуется самый главный принцип нисходящего проектирования - геометрическая информация постоянно передается сверху – вниз, от общей компоновки изделия до модели детали. Этим исключается вероятность нестыковки или неоднозначного понимания геометрии между разработчиками разных уровней.

Завершающим этапом проектно-конструкторских работ является создание и выпуск конструкторской документации. В модели ДСЕ добавляются необходимые аннотации и комбинированные виды (аналогичные видам чертежа), что позволяет отказаться от создания привычных 2D – чертежей, заменив их конструкторской документацией в виде аннотированных 3D – моделей. КД в виде аннотированной 3D – модели позволяет:

- сократить сроки создания КД за счет отсутствия необходимости создавать чертеж;
- снизить процент брака на производстве, за счет большей наглядности и соответственно меньшей вероятности неправильного прочтения КД;
- облегчить доступ к информации, за счет единого источника данных об изделии – модели.

Опыт создания и использования методологии нисходящего проектирования в АО «РКЦ «Прогресс» показывает, что основным



положительным моментом использования данной методологии является возможность централизованно проводить изменения по всему изделию. Изменения инициализируются на уровне проектантов и последовательно спускаются вниз – на уровень конструкторов. Конструктора, в свою очередь, переносят эти изменения на модели деталей. Также важный аспект состоит в том, что все участники проекта работают по единой методике, понятной и прозрачной для всех, что и позволяет организовать параллельную разработку узлов, основанных на одних и тех же исходных данных. При этом на любом этапе разработки можно безболезненно передать проектные работы от одного специалиста к другому.

#### **6. Бизнес-процессы согласования и изменения конструкторской документации**

Для согласования и изменения КД на предприятии АО «РКЦ «Прогресс» существуют следующие БП:

- «Предварительное согласование КД» - БП, предназначенный для сбора и учета замечаний по КД перед основным согласованием;
- «Предварительная проработка на технологичность КД» - БП, предназначенный для предварительной проработки КД технологами перед основным согласованием;
- «Согласование и запуск КД» - БП, предназначенный для согласования вновь запускаемой документации в соответствии с документом «Листок запуска»;
- «Изменение КД» - БП, предназначенный для согласования изменений уже выпущенной по БП «Согласование и запуск КД» документации в соответствии с документом «Извещение об изменении»;
- «Предварительное извещение (ПИ)/Дополнительное ПИ (ДПИ) КД» – БП, предназначенный для проведения ПИ и ДПИ на КД в соответствии с документами «Предварительное извещение» и «Дополнительное предварительное извещение»;
- «ПИ/ДПИ КД смежных организаций» - БП, предназначенный для проведения ПИ и ДПИ на КД смежных организаций в соответствии с документами «Предварительное извещение» и «Дополнительное предварительное извещение» смежных организаций;
- «Запуск и изменение КД смежных организаций» – БП, предназначенный для согласования вновь запускаемой документации и для изменения КД смежных организаций;
- «Листок запуска для КД смежных организаций» – БП, предназначенный для согласования вновь запускаемой КД смежных организаций.

По всем указанным выше автоматизированным процессам на предприятии разработано и введено в действие более 50-ти стандартов, регламентов и инструкций, а также проходит постоянное обучение специалистов проектных и конструкторских подразделений.



### Заключение

Исходя из всего вышесказанного, можно отметить, что внедренные на АО «РКЦ «Прогресс» передовые информационные технологии способствуют решению поставленных перед предприятием сложных научно-технических и организационных задач, а именно - сокращению сроков проектирования и конструирования РКТ, а также повышению качества выпускаемых изделий. Поэтому дальнейшая цель – переход на полностью электронный документооборот и отказ от бумажных носителей информации – является актуальной на сегодняшний день для предприятия оборонно-промышленного комплекса.

### Литература

1. А.А. Суханов, О.Н. Рязанцев, С.А. Артизов, А.Н. Бриндилов, Н.И. Незаленов, А.В. Карташев, П.М. Елизаров, Е.В. Судов. Концепция развития ИПИ-технологий для продукции военного назначения, поставляемой на экспорт. – М.: НИЦ CALS «Прикладная логистика», 2013.
2. Кременецкая М.Е. Модели управления единым информационным пространством научно-производственного предприятия // Мат-лы научно-технической конференции «Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении-2012». Самара, СГАУ, 2012. – с.203-207.
3. Никашина И.В., Филатов А.Н., Микушкина С.М., Рогова Т.С. Электронный технический документооборот конструкторской документации как основа единого информационного пространства ОАО «РКЦ «Прогресс» // Мат-лы XX Научно-технической конференции молодых ученых и специалистов, г. Москва, ОАО РКК «Энергия» имени С.П. Королева, 2014г. – с.627-629.
4. Космодемьянский Е.В. Разработка технологии информационной поддержки проектирования и конструкторской подготовки производства космических аппаратов дистанционного зондирования земли // Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, г. Самара, 2014.
5. И.В. Никашина, Е.В. Головченко, А.Н. Филатов, С.М. Микушкина. Особенности информационной поддержки конструкторской подготовки производства в едином информационном пространстве предприятия // Мат-лы IV Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы РКТ» (IV Козловские чтения), Самара, 2015 – т.2, с.156-158.



В.В. Ворошилов, С.А. Пиявский

## ЭВРИСТИЧЕСКИЙ АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ПОИСКОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ФАКТОГРАФИЧЕСКИХ ПОИСКОВЫХ СИСТЕМАХ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

В последнее время широкое распространение получило направление исследований «big data», связанное с использованием структурированных и неструктурированных данных огромных объемов циркулирующих в корпоративных сетях и сети интернет. Это совпало со все большим интересом, проявляемым к созданию поисковых систем, оперирующих не документами а фактами, так называемых фактограф информационных поисковых систем. Отдельные элементы таких систем уже реализованы в поисковых серверах: Яндекс, Google, WolframAlpha и других. При этом актуальным представляется разработка математических моделей и алгоритмов, позволяющих пользователю наиболее эффективно осуществить подбор фактографической информации используя для этого спец организацию баз данных и интеллектуальные алгоритмы поиска.

Развиваемый авторами в этом направлении так называемый атомарный подход [1] основан на организации информационного массива фактографических данных в виде так называемых «атомов» информации. Элементом, единицей фактографической информации является «атом», состоящий из совокупности некоторого числового значения, его размерности и описания – набора лексем, характеризующего смысл этого значения (рисунок 1). Лексема представляет собой словоформу (термин, понятие) из семантического тезауруса.

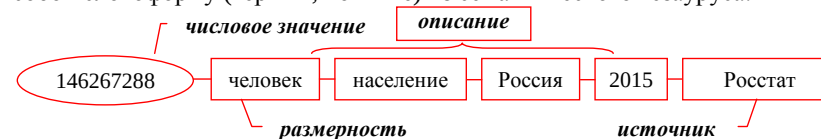


Рисунок 1 – Пример «атома» фактографической информации

Суть атомарного подхода заключается в том, чтобы положить в основу фактографического поиска базу данных, информационными единицами которой являются отдельные «атомы» фактографической информации. Будем называть такую базу данных атомарной (АтБД).

В [2-4] предложен ряд алгоритмов, позволяющих пользователю получать от АтБД блоки фактографической информации (кластеры), обладающие максимальной информативностью. Эти блоки можно характеризовать булевыми таблицами, в заголовках столбцов которых располагаются некоторые лексемы тезауруса, в заголовках строк числовые значения атомов, а в ячейке таблицы представляется единица, если лексема соответствующей ячейке столбца входит в описание атома, соответствующего строке ячейке; в противном случае простав-





ляется ноль. Информативность такого кластера определяется отношением суммы значений ячеек таблицы, отнесенным к общему числу ее ячеек. Кластеры с большей информативностью представляют для пользователя наибольший интерес. Разработаны математические модели, позволяющие формировать кластеры максимальной информативности путем численного решения задач булевого нелинейного и линейного программирования. Однако в условиях «big data» время решения таких задач достаточно велико, что не позволяет при существующих вычислительных возможностях использовать их для широкого круга пользователей.

Поэтому предлагается эвристический алгоритм, позволяющий алгоритмизировать деятельность пользователя в поисковой фактографической системе, использующей атомарную БД для получения наиболее релевантной и полной информации в интересующей его предметной области. Схема алгоритма представлена на рисунке 2.

Дадим его краткое описание.

Этап 1. Пользователь формулирует поисковый запрос (ПЗ) из лексем, входящих в тезаурус АТБД.

Этап 2. Для каждого атома, содержащего хотя бы одну лексему ПЗ рассчитываются две характеристики: релевантность и полнота. Релевантность равна отношению числа лексем ПЗ, входящих в описание атома, к общему числу лексем ПЗ. Полнота равна отношению числа лексем ПЗ, входящих в описание атома, к общему числу лексем в описании атома.

Этап 3. Пользователь задается коэффициентом «релевантность-полнота» (коэффициент Р-П) заключенным в пределах от нуля до единицы и отражающим приоритетность для него каждого из этих факторов.

Этап 4. С использованием этого коэффициента рассчитывается индекс атома как среднее взвешенное значение его релевантности и полноты, и атомы упорядочиваются по убыванию их индекса.

Этап 5. Пользователю сообщается зависимость средней и гарантированной релевантности и полноты, выдаваемой ему упорядоченной по индексу атомов информации в зависимости от объема выдачи. Он выбирает интересующий его объем и получает соответствующую информацию.

Этап 6. Если пользователя не устраивают низкие значения полноты, выданной ему информации, это свидетельствует о том, что в описаниях ее атомов преобладают лексемы, не входящие в ПЗ. В этом случае возникает необходимость расширить круг активно привлекаемых (так называемых косвенных) лексем. Осуществляется переход к этапу 7.

Этап 7. Формируется набор косвенных лексем, в которые включаются не входящие в ПЗ из описания атомов, включенных в выбранную пользователем выдачу. Пользователь задает коэффициент важности учета косвенных лексем при расчете релевантности и полноты атомов. Затем алгоритм возвращается к этапу 2, расширенному с учетом наличия косвенных лексем.

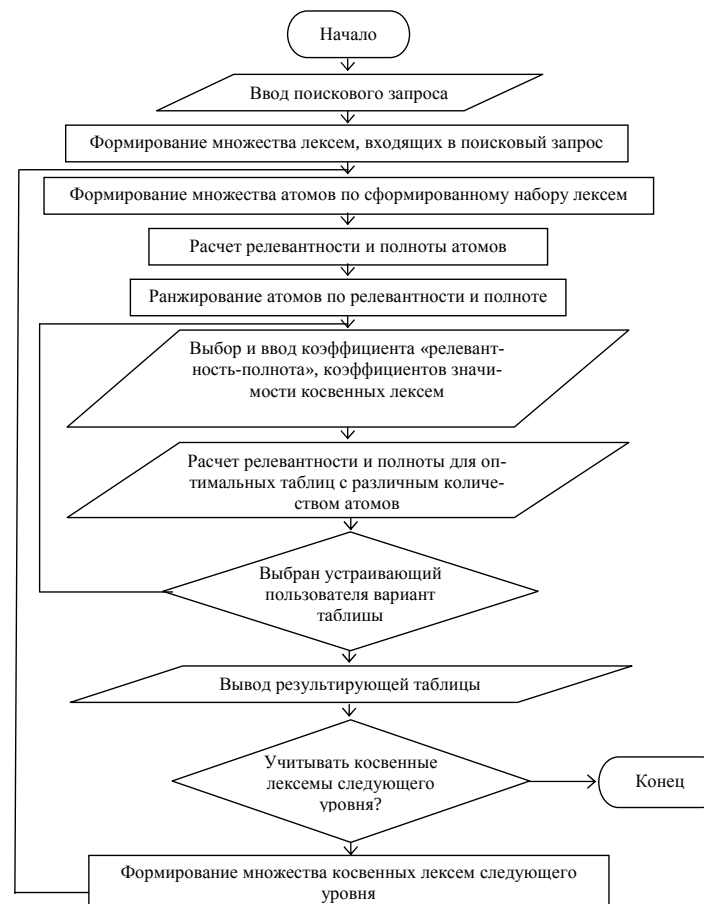


Рисунок 2 – Схема эвристического алгоритма оптимизации поисковой деятельности в фактографических поисковых системах

## Литература

1. Пиявский С. А., Ворошилов В. В. Технология поиска и систематизации фактографической информации в информационном пространстве, Научное обозрение 2/2014, стр. 167-176, 2014.
2. Пиявский С.А., Ворошилов В.В. Математические модели оптимальной систематизации фактографической информации, Инфокоммуникационные технологии №1/2014, стр. 77-85.
3. В.В. Ворошилов Математические модели синтеза фактографической информации. Наука глазами молодежи: сборник научных статей студентов вузов, ссузов и учащихся общеобразовательных учреждений / – Тольятти; Самара: ООО «Издательство Ас Гард», 2012. – 561 с. 498-501



4. С.А. Пиявский, В.В. Ворошилов Математические модели оптимальной систематизации фактографической информации в электронных библиотеках, Интернет и современное общество: сборник научных статей. Труды XVI Всероссийской объединенной конференции «Интернет и современное общество» (IMS-2013), Санкт-Петербург, 9 – 11 октября 2013 г. — СПб.: НИУ ИТМО, 2013. — 304 с.

Л.Р. Габдрахманова

## ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ ОПТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ СИМВОЛОВ

(Казанский национальный исследовательский  
технический университет им А. Н. Туполева – КАИ)

Проблема распознавания символов остро стоит при компьютерном чтении, распознавании отсканированного текста, выделении и распознавании символов на фотографии (например, чтение автомобильного номера нарушителя дорожного движения).

Целью работы является разработка программы распознавания цифр и букв, обеспечивающих анализ и обработку информации на изображении с целью идентификации номерного знака отечественных автомобилей.

Задача распознавания номеров требует описания 10 цифр и 12 букв. Общая структура типовой системы распознавания автомобильных номеров состоит из устройства съема изображения, предварительной обработки изображения, обнаружения номерной пластины, извлечения символов и собственно распознавания символов.

Алгоритм распознавания номерного знака состоит из следующих этапов: предварительная обработка изображения, сегментация и распознавание.

Предварительная обработка изображения заключается в обработке изображения различными фильтрами с целью улучшения качества. Процедуры сегментации и распознавания работают с бинарным изображением, т.е. только с черными и белыми пикселями. Поэтому прежде чем передавать работу этим процедурам, нужно исходное цветное изображение привести к бинарному виду. Эта задача решается в два этапа.

На первом этапе цветное изображение превращается в черно-белое и представляется в градациях серого. Для каждого пикселя вычисляется его яркость в пределах от нуля до 255. Уровню яркости 0 соответствует черный цвет, уровню 255 – белый. Таким образом, для хранения изображения приходится один байт на пиксель. Яркость пикселя вычисляется по одной из следующих формул:

$$I = \frac{R + G + B}{3}, I = \frac{\max(R, G, B) + \min(R, G, B)}{2}$$

где  $R, G, B$  – нормированный на 256 (один байт) красный, зеленый и голубой



компонент цвета пикселя соответственно.

Вторым этапом является собственно бинаризация. Примеры бинаризации изображения с различными параметрами приведены на рис. 2.



Рис. 2. Бинаризация, а) исходное изображение, б) 25% черных пикселей, в) 50% черных пикселей, г) 75% черных пикселей

Недостатком предобработки изображения с бинаризацией является то, что выбираемый порог бинаризации не обеспечивает необходимого качества для любого типа изображения. Такие факторы, как освещение или даже цвет транспортного средства влияют на качество бинаризации изображения.

На этапе сегментации выделяются символы, которые затем распознаются каким-либо методом. Для решения задачи сегментации изображения используется кластеризация К - средних. Метод К - средних считается наиболее быстрым [1], [2].

Процесс распознавания символов автомобильного номера базируется на обучении нейронной сети, а именно, обучение нейронной сети, используя генетические алгоритмы для поиска весов синаптических связей и/или структуры сети.

Использование генетического алгоритма для обучения нейронных сетей обладает следующими достоинствами [4,5]:

- изучение пространства поиска при помощи множества решений, а не одного. Это дает значительный эффект при поиске глобальных минимумов адаптивных рельефов;
- генетические алгоритмы малочувствительны к росту размерности множества оптимизации.

Управляемыми параметрами в генетическом алгоритме являются:

- длина хромосомы;
- наполнение хромосомы (локусы и аллели);
- параметры оператора кроссовера;
- параметры оператора мутации;
- параметры оператора инверсии;
- параметры выбора лучших особей;
- параметры генерации начальной и последующих популяций и т.д.

Были рассмотрены варианты обучения нейронной сети с помощью алгоритма обратного распространения ошибки и с помощью генетических алгоритмов. Обучение в обоих случаях заканчивается, когда на всем обучающем реальный выходной сигнал был равен требуемому выходному сигналу.

Результаты работы операторов генетических алгоритмов были сравнены с



результатами работы алгоритма обратного распространения ошибки.

Результат сравнения показан на рисунке 3. На оси X лежит количество итераций, а на оси Y - лучший показатель (минимальное значение суммы квадратов ошибок), определенный к этому времени.



Рис. 3. Сравнение результатов работы генетических алгоритмов и алгоритма обратного распространения.

Пример работающей программы приведен на рисунке 4.



Рис. 4. Скриншот работающей программы

В дальнейшем предполагается решить задачу распознавания при слабой освещенности. Также улучшение функциональности при плохих погодных условиях (дождь, снег, туман), наличие грязи на номерной пластине.

### Литература

1. Методы компьютерной обработки изображений/ под ред. Сойфера В.А. – 2-е изд., испр. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. – 784 с.
2. Bishop, C. M. Neural Networks for Pattern Recognition. Oxford, England: Oxford University Press, 1995.
3. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы: Пер. с польск. И. Д. Рудинского. - М.: Горячая линия -Телеком, 2006. - 452 с.



4. Божич В.И., Лебедев О.Б., Шницер Ю.Л. Разработка генетического алгоритма обучения нейронных сетей // Известия ТРТУ. Тематический выпуск. 2001. Т. 22. №4. С. 170-174.

5. Чипига А.Ф., Воронкин Р.А. Обучение искусственных нейронных сетей путем совместного использования методов локальной оптимизации и генетических алгоритмов // Известия ТРТУ. Т. 33. №4. С. 172-174.

В.В. Графкин

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ОБЪЕКТА ПО ИЗОБРАЖЕНИЮ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Вопрос «Где?» является одним из наиболее часто используемых людьми при запросах в поисковых системах. Нам важно знать, где находится тот, кто нам нужен, или то место, которое нас интересует. Мы не хотим ничего и никого терять из вида. В помощь нам существует множество сервисов, например, использующих спутниковые навигационные системы, позволяющие определить местоположение различных объектов. Однако для функционирования подобных систем необходимо иметь на интересующем объекте специальные приемопередатчики, что не всегда возможно. Также задача определения местоположения может быть реализована посредством использования мобильных телефонов или иных мобильных устройств, работающих в определенных зонах покрытия. Указанные системы при применении их в общедоступном режиме обладают определенными особенностями, главные из которых – невысокая точность передаваемых координат и временная задержка при пеленгации. И если стоит задача определения местоположения объекта в определенном радиусе с точностью до десятков или сотен метров (в большинстве случаев зависит от скорости перемещения объекта), то указанные системы вполне подходят в качестве решения.

Как решить поставленную задачу, если передающее устройство или весь объект могут быть повреждены или уничтожены? Особенно, учитывая тот факт, что может быть утеряна связь с устройством, что является вполне ordinарным событием для указанных систем. Данные обстоятельства будут вносить большую неопределенность в то, как поступать при потере сигнала: принимать экстренные меры, которые, в свою очередь могут быть весьма финансовозатратными или вообще недопустимыми при ложной внештатной ситуации, либо ждать возобновления передачи данных с объекта? Не приведет ли ожидание к критической или фатальной ситуации? И если в стационарных адресных системах можно просто предпринять определенные действия по истечению заданного периода времени, то какие значения принимать за координаты переме-



щающегося объекта, если неизвестно, в каком направлении и с какой скоростью он двигался после потери связи?

В случаях, когда существует возможность визуального наблюдения за интересующей областью, можно применять методы, основанные на анализе получаемого изображения с камер фото- или видео-фиксации. Например, можно использовать методы цифровой обработки изображений [1, 2], которые позволяют определить расстояние до объекта. Один из методов, изложенный в [1], предполагает заблаговременное обладание информацией о положении линии горизонта, о фокусном расстоянии объектива камеры и о высоте её установки. Также необходимо выполнение следующего условия: объекты должны располагаться на плоской горизонтальной поверхности. Используя координаты изображения определенной интересующей точки на анализируемом фотоснимке и применяя коэффициент, согласующий размерности [1], можно определить значение, расстояния от камеры до объекта.

В данной работе, предлагается использовать указанный в [1] алгоритм определения расстояния до интересующего объекта, а также определения расстояний до объектов, координаты которых заранее известны (таких объектов должно быть два). После чего, применить тригонометрические формулы для определения координат уже интересующего объекта по вычисленным расстояниям. На рисунке 1 приведен пример определения координат объекта.

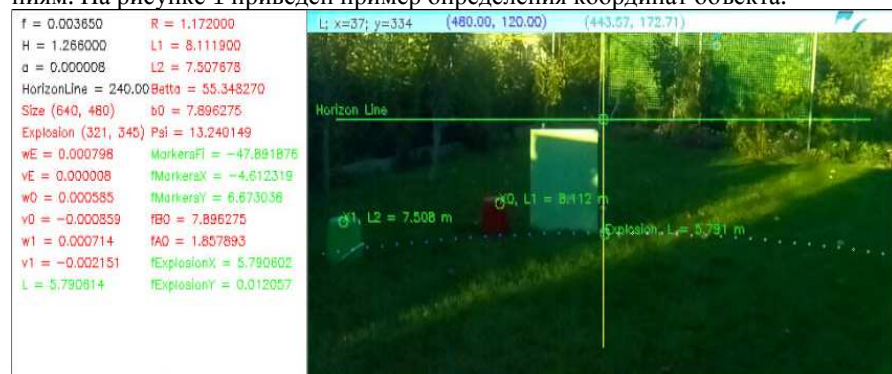


Рис. 1. Определение координат объекта

Данный метод может применяться как в реальном режиме времени, так и при анализе ситуации по результатам событий. Применяться подобные системы могут для определения координат различных инцидентов, в которых предполагается уничтожение наблюдаемого объекта, независимо от причин. Например, в случаях, когда необходимо задействовать систему пожаротушения сегментно на открытой площадке, где датчики задымления или повышения температуры неэффективны или по каким-либо причинам неприменимы (например, из-за агрессивных условий эксплуатации). Также подобные системы экономически выгодны в случаях, когда система видеонаблюдения уже существует или можно



избегать затрат на монтаж систем контроля доступа и обнаружения в определенные зоны.

### Литература

1. Н.Н. Красильников, О.И. Красильникова *Определение координаты глубины по 2D-изображению*, Оптический журнал, 78, 12 2011, С. 30-33.
2. Р. Гонсалес, Р. Вудс *Цифровая обработка изображений*. — М.: Техносфера, 2005 — 1072 с.

О.В. Гуренкова

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СФЕРЕ

(Тольяттинская академия управления)

Экономическая среда имеет ряд особенностей, которые существенно влияют на выбор механизмов защиты и его информационного пространства. Среди них следует отметить следующие:

- Специфическая модель угроз и нарушителя;
- Неоднородность коммерческих организаций;
- Возможность страхования информационных рисков;
- Необходимость определения ценности информационных ресурсов;
- Целесообразность динамичности системы защиты и ее мониторинга;

Интенсивное использование новых информационных технологий в экономических структурах различного уровня назначения побуждает уделять внимание исследованию проблемы привлечения и внедрения средств защиты интеллектуальных информационных систем.

На современном этапе многие ученые уделяют большое внимание определению и исследованию сути категории «интеллектуальные информационные системы». Среди зарубежных авторов это Е.Брукинг, Т.Бьюзен, Р.Мини, Д.Моррисон, Р.Нельсон, Р.Е.Келли, Дж.Кел, Белл, Дж.Тобин, Т.Доттино и др.

Одним из перспективных направлений развития информационной системы является их интеллектуализация, то есть создание информационной системы ориентированных на приобретение, обработку и использование знаний.

Такие системы предназначены для работы в условиях неопределенности (невозможности точного математического описания) информации о свойствах и характеристики сложных объектов и среды их функционирования.

Технологии искусственного интеллекта включают искусственные нейронные сети, экспертную систему, нечеткую (fuzzy) логику, генетические алгоритмы и др. Идеи, лежащие в их основе и существенно отличаются от общепринятых методов вычислений, потому что они имитируют «человеческие» пути решения проблем.

Например, искусственные нейронные сети обладают способностью к обучению, экспертные системы принимают решения на основе наборов правил



и опыта экспертов, а системы с нечеткой логикой оперируют такими понятиями, как неопределенность и приблизительная истина [1, с. 78].

Среди областей применения искусственного интеллекта можно назвать:

- компьютерные игры;
- распознавания образов и языка (например, распознавание разрушенного текста);
- машинный перевод и обработка текстов на естественном языке;

Искусственный интеллект, необходим для учета контекста при выборе из множества возможных значений слов и грамматических конструкций;

Искусственный интеллект, используют для стремительной тематической классификации текстов, например, извещений информантств, для автоматического реферирования - различение основных фраз, позволяют решить, тратить время на тщательное ознакомление с документом выявления закономерностей в массивах данных. Интеллектуальный анализ огромных баз данных (например, реализация в сети супермаркетов или расшифрованного генома) иногда выявляет закономерности, которых никто не подразумевал. Эта сфера получила название data mining (приобретение данных); приспособление к поведению пользователя. Программы могут разбирать привычки пользователя и адаптироваться к нему, заблаговременно готовясь к исполнению более потенциальных действий или убирая с поля зрения бесполезные детали [3, с. 61].

Лучшие информационные системы уже не уступают трейдеру средней квалификации.

Экспертная система - это информационная система, использует знания одного или нескольких экспертов, представленные в некотором формальном виде, для принятия решений. То есть экспертная система способна давать рекомендации по проблемам в определенной проблемной области с высокой степенью надежности на уровне этих специалистов [2, с. 74].

Экспертная система является разновидностью систем искусственного интеллекта.

Экспертная система состоит из следующих компонентов:

1. База знаний предназначена для хранения экспертных знаний о предметную область. База знаний содержит факты (или утверждение) и правила.

Факты является краткосрочной информации в том отношении, что они могут изменяться, например, при использовании системы.

Правила отражают информацию о том, как порождать новые факты или гипотезы с того, что сейчас известно системе.

В экономической сфере экспертные системы используются не так успешно, как, например, в медицине, геологии, конструировании, химии. Это можно объяснить сложностью, динамичностью и большими объемами знаний, подлежащих восстановлению с помощью экономических экспертных систем.

Среди задач управления наиболее перспективными в аспекте применении экспертных систем являются:

- управление проектированием, технологическими процессами и промышленным производством;



- анализ рисков и рейтингов;

- внутренний аудит на предприятии.

Рассмотрим примеры использования ЭС в практике управления предприятиями.

ДЕЛЬТА- русский экспертная система, которая ориентирована на бухгалтеров, юристов и руководителей предприятий, а также на других специалистов, работа которых связана с принятием решений и проверкой их соответствия правовым нормам.

ЭСПЛАН - экспертные системы для планирования производства; используется на нефтеперерабатывающем заводе.

PSY (разработчик - российская компания "САЙНТЕКС») - система, используется руководителями предприятий, менеджерами, работниками кадровых организаций и агентств для осуществления профессионального и психологического отбора при приеме на работу, для анализа межличностных отношений и определения психологической совместимости сотрудников [3, с. 62].

Система позволяет:

- использовать готовые тесты для профессионально-психологического обследования;
- получать готовые тестовые характеристики по результатам обследования;
- обрабатывать результаты тестирования, осуществлять подбор наиболее приемлемых кандидатур на конкретные должности с учетом профессиональных и личных качеств;
- создавать и редактировать тесты, анкеты, письма опроса;
- осуществлять корректировки вопросов, ответов, шкал и условий проведения тестирования, а также сортировка и статистическая обработка итогов обследований.

Система PSY является по сути гибридной системой, в состав которой, кроме базы знаний, входят достаточно большие по объему базы данных для сохранения тестов и сведений о кадрах, а также о процедурах статистической обработки.

Благодаря накопленным знаниям система PSY позволяет достаточно быстро и с высокой точностью определять уровень развития личностных качеств кандидатов на должность в соответствии с требованиями, предъявляемым к данной должности.

### Литература

1. Игнатьев К.Л. Интеллектуальные информационные системы в экономике // К.Л. Игнатьев. – М. - 2013. – 496 с.
2. Круглов Л.Н. Введение в искусственный интеллект: Учебн.пос. для студ. высш. учебн. Заведений // Л.Н. Круглов. – М. - 2015. – 176 с.
3. Макаренко С. И. Интеллектуальные информационные системы: учебное пособие. – Ставрополь: СФ МГТУ им. М. А. Шолохова, 2009. – 206 с.





4. Пономаренко В.С. Информационные системы в экономике: учебное пособие / В.С. Пономаренко, И.О. Золотарева, Р.К. Бутова. - М.: Изд-во НЭУ, 2011. - 176 с.

В.Ф. Денисов

## АРХИТЕКТУРА И ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ КОМПЛЕКСНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ И ТЕРРИТОРИЙ

(Национальный технический комитет по стандартизации  
ТК-22 «Информационные технологии»)

Распределенные интеллектуальные системы комплексной безопасности предприятий и территорий (РИСКБПиТ) разрабатываются для стратегических объектов инфраструктуры транспорта, энергетики, промышленности, жилищно-коммунального хозяйства, общественной безопасности и др.

Основные проблемы создания РИСКБПиТ связаны с исходной неопределенностью оценок состояния внутренней и внешней среды, многообразием внутренних и внешних негативных воздействий, приводящих к нарушению целостности объектов и безопасности человека, рискам в деятельности предприятий. Функциональные компоненты РИСКБПиТ обычно основаны на различных «отраслевых» концепциях обеспечения безопасности отдельных объектов, используют различные методы описания объектов, процессов и ресурсов систем безопасности и реализуются на различных программно-аппаратных платформах с применением оборудования и программных средств информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) от различных производителей. При этом естественно, возникает проблема обоснования рациональной архитектуры конкретных систем - «проблема интероперабельности» [1]. Обеспечение интероперабельности РИСКБПиТ основано на методологии открытых систем и предусматривает необходимость решения задач стандартизации системной архитектуры, функциональных элементов организационно-методического, нормативного, технического и программного обеспечения, интерфейсов и протоколов обмена данными в локальных и глобальных сетях электронного взаимодействия предприятий. В условиях интенсивного развития ИКТ, и в частности, систем электронных коммуникаций особая роль отводится вопросам идентификации состояния стационарных и движущихся объектов - «умных вещей», применения интеллектуальных сетей сенсоров состояния объектов, привязки объектов к координатам местности, организации хранения «больших данных» в распределенных системах принятия согласованных решений на разных уровнях управления, защиты материальных и информационных ресурсов от несанкционированного доступа и использования.

Для обоснования рациональной архитектуры РСИАЦ необходимо :



- определение и упорядочение объектов и субъектов безопасности, понятийного аппарата в конкретных отраслевых сферах деятельности;
- оценка организационно - правовых и технических оснований для создания систем безопасности (по критериям минимизации рисков в деятельности предприятий, соблюдения принятых технических регламентов и норм безопасности);
- разработка функционально - полного комплекса средств информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) и инженерно-технических средств защиты объектов и организации их производства на Российских предприятиях;
- разработка технологий проектирования и интеграции систем безопасности на основе применения апробированных типовых проектных решений и «встраивание» систем безопасности в действующие организационно-технические системы управления объектами;
- формирование требований к функциям и компетентности персонала по проектированию, эксплуатации, техническому обслуживанию и сопровождению систем.

Актуальным направлением развития РИСКБПиТ является применение унифицированных программно-аппаратных технологических платформ интеграции оборудования и программного обеспечения ИКТ общего и специального назначения от различных производителей, применение операционных систем с открытыми кодами, открытых спецификаций требований к комплексам прикладных задач обработки данных на рабочих местах операторов и аналитиков служб эксплуатации и безопасности, мобильных приложений для удаленных пользователей - потребителей информационных ресурсов РИСКБПиТ.

Опыт разработок РИСКБПиТ [2, 3] показывает актуальность создания полицентрической сети отраслевых и межведомственных ситуационных центров корпоративных предприятий, муниципальных образований и регионов работающих по единым стандартам, определяющим типовые требования к архитектуре и технологиям интеллектуальных систем мониторинга для обеспечения безопасности предприятий и территорий [4], а также порядок применения типовых проектных решений, протоколов обмена данными требования к испытаниям, сертификации оборудования на соответствие принятым национальным и международным стандартам.

В состав базовой архитектуры РИСКБПиТ включаются:

1. программно-аппаратная технологическая платформа интеграции прикладных систем;
2. системные интерфейсы и протоколы обмена данными, интерфейсы пользователей прикладных программ;
3. программно-технические комплексы (ПТК) проектной компоновки конфигурации программно-аппаратной платформы, интерфейсов и протоколов обмена данными для конкретных потребителей;





4. программно-методические комплексы (ПМК) организации распределенных служб и сервисов средств эксплуатации и технического обслуживания;
5. комплексы прикладных программ обработки данных и принятия решений;
6. системы хранения «больших» данных о состоянии объектов;
1. системы отображения 3-D моделей объектов и территорий;
2. системы организации доступа пользователей к геоинформационным базам данных градообразующих объектов и территорий региона.

Пример функциональной архитектуры РИСКБПит приеден на рис.1

При постановке задач и обосновании рациональной архитектуры РИСКБПит для конкретных объектов предприятий и регионов необходимо обеспечить:

- определение и упорядочение объектов и субъектов безопасности, требований к защищенности объектов от опасных физических программно-технических воздействий и природных явлений;
- оценку организационно - правовых и технических оснований для создания конкретных систем комплексной безопасности;
- функциональную полноту комплекса средств обеспечения безопасности объектов, определение и согласование приоритов реализации проектов;
- методическую и инструментальную поддержку технологий проектирования и интеграции систем безопасности на основе применения апробированных типовых проектных решений, «встраивания» систем безопасности в действующие организационно-технические системы управления объектами;
- формирование требований к функциям и компетентности персонала по проектированию, эксплуатации, техническому обслуживанию и сопровождению систем.



Рис.1. Функциональная архитектура РИСКБПит



Технологии проектирования РСКБПит определяются в соответствии с основными положениям ГОСТ Р/ISO12207-2006 «Системная инженерия. Стадии жизненного цикла систем». В состав технологий включаются методические и инструментальные средства :

- формализованного описания объектов для разработки концептуальных, математических и информационных моделей;
- анализа информационных потоков, выделение узлов принятия решений и разработка соглашений о взаимодействии участников проектов (владельцев объектов, служб эксплуатации, провайдеров сетей связи и электронных коммуникаций, аналитиков служб безопасности, восстановления целостности объектов и ликвидации последствий аварийных и чрезвычайных ситуаций);
- проектирования сценариев обработки данных о состоянии объектов;
- идентификации пользователей, определения их прав, полномочий и защиты информационных ресурсов в, т.ч., с применением средств «электронной подписи»;
- проектирования конструктивных 3D-моделей зданий и территорий , движущихся объектов с привязкой к географическим координатам местности;
- отображения данных о состоянии объектов на рабочих местах пользователей;
- хранения данных об истории событий и принятых мерах;
- защиты информационных ресурсов предприятий;
- оценки качества проектных решений, тестирования компонент на совместимость и системных испытаний ;
- оценки потребностей в ресурсах для реализации проектов;

Реализация проектов РСКБПит требует особого внимания к решению задач гармонизации ИТ-стандартов и стандартов в прикладных сферах деятельности предприятий, таких как строительство, системы охранной сигнализации и антитеррористической защиты, технологии производства продукции, транспортных систем, энергетики, охраны окружающей среды и др., а также со стандартами в сфере регионального развития, консолидированного ресурсообеспечения и управления проектами.

## Литература

1. ГОСТ Р 55062-2012. Информационные технологии. Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения.
2. Куделькин В.А., Денисов В.Ф. Архитектура интегрированных распределенных систем мониторинга и обеспечения безопасности организационно-технических систем и территорий.//Мониторинг. Наука и безопасность», 2013, №4 (12), с. 64-79.
3. Куделькин В.А., Денисов В.Ф. Организационно-методическое обеспечение и стандартизация интегрированных систем мониторинга и обеспечения



безопасности стратегических и социально значимых объектов и территорий государства// Журн. Интеграл, № 1 (74), 2014 г, с.50-52.

4. ГОСТ Р Информационные технологии. Системы безопасности комплексные и интегрированные. Типовые требования к архитектуре и технологиям интеллектуальных систем мониторинга для обеспечения безопасности предприятий и территорий.

О.Н. Долинина, А.А. Бороздюхин, В.В. Печенкин

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ «УМНОГО ЧИСТОГО ГОРОДА»

(Саратовский государственный технический университет  
имени Гагарина Ю.А.)

**Аннотация.** Предлагается подход к решению задачи дискретной оптимизации построения системы оптимального расписания движения грузовиков по уборке мусора при реализации проекта «Умный чистый город», сочетающий экспертные знания в виде нечетких правил и инструменты теории графов. Математической моделью системы является динамическая сеть, в которой используется информация об актуальном состоянии загруженности дорожной сети.

**Ключевые слова:** динамическая сеть, чистый город, задача оптимизации, оптимальный маршрут, экспертная система, нечеткие правила.

Задача уборки мусора с улиц городов является актуальной и в России и в мире. В каждом городе функционируют компании, которые занимаются вывозом и утилизацией бытового мусора со специальных площадок для мусорных контейнеров (ПМК). Как правило, такие компании работают либо по заранее определенному расписанию, либо по мере наполнения контейнеров. Обычной является ситуация, когда грузовик приезжает, но содержимого контейнеров недостаточно для его заполнения или, наоборот, грузовик не может вместить содержимое контейнеров. Это может произойти по причине отсутствия актуальной информации о степени наполненности контейнеров, об актуальной дорожной ситуации, о местоположении и состоянии всех используемых транспортных средств. Такая постановка задачи является частным случаем глобальной задачи поддержания высоких стандартов окружающей среды, формирования комфортных условий проживания для горожан в современном городе [1]. Ставшее уже стандартом понятие «Умный город» (Smart City) связывается с перечисленными выше задачами [2]. Важной составляющей концепции «умного города» является использование новых мобильных технологий. Суть этой концепции можно определить следующим образом: *комбинирование информационных технологий и технологии Web 2.0 с организационными, проектными решениями для повышения эффективности управленческих решений, поиска*



*инновационных способов управления городским хозяйством для повышения его устойчивости и комфортности [3].*

Существуют специализированные программные и аппаратные системы, которые позволяют формировать оптимальное расписание движения грузовых автомобилей для уборки мусора. Эти системы основаны на различных подходах, отличающихся типом детекторов, позволяющих в режиме реального времени контролировать степень наполненности контейнеров для мусора [4,5]. Ни один из этих подходов не учитывает комплексно динамики в изменении состояния контейнеров, что может влиять на принятие решения о перенаправлении грузовика, актуальной дорожной ситуации в момент принятия решения, актуальной на данный момент взаимное расположение грузовиков, существующие неформальные бизнес правила принятые в компаниях по сборке и утилизации бытового мусора.

#### Описание предлагаемого подхода

Для решения описанной проблемы была разработана экспертная система «Умный чистый город», включающая специальный программно-аппаратный комплекс и базу знаний. Комплекс выполняет следующие задачи:

1. генерации сообщений о степени наполненности контейнеров, которая позволяет формировать команду о посылке грузовика в момент заполнения необходимого числа контейнеров на ПМК;
2. разработка оптимальных маршрутов для грузовиков, осуществляющих вывоз мусора с учетом реального заполнения контейнеров и текущей дорожной ситуации;
3. предварительный анализ и рациональное распределение контейнеров по специализированным площадкам города.

В составе комплекса присутствует программный и аппаратный компоненты. Аппаратная часть представлена оборудованием, установленным на самих мусорных контейнерах, площадках для них и на грузовых автомобилях, вывозящих мусор. Программная часть реализует интерфейсы для передачи информации и осуществляет расчет оптимальных маршрутов. Общая структура системы представлена на рисунке 1.

Предлагаемая ниже формализация задачи и метод построения оптимального решения является новым по следующим причинам. Во-первых, сетевая модель транспортной системы имеет динамический характер, основанный на предложенной нами ранее динамической модели [6]. Во-вторых, оптимальное решение может быть в любой момент пересчитано в зависимости от актуальной дорожной обстановки, степени наполненности контейнеров и взаимного расположения грузовиков. В-третьих, при расчете оптимального расписания учитываются формализованные правила, принятые в компании и реализованные в виде базы знаний.

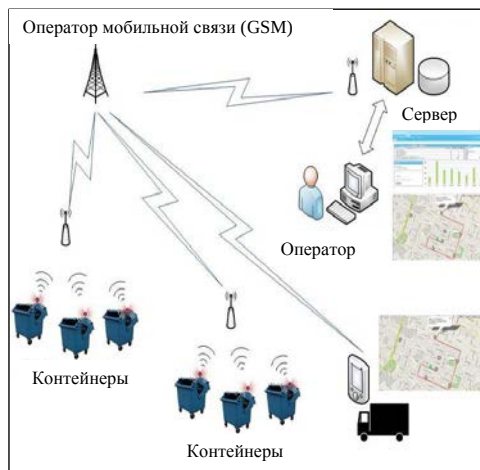


Рисунок 1

### Формализация задачи построения динамического оптимального расписания

Основной математической моделью является взвешенная сеть (имеются ориентированные и неориентированные, соответственно, ребра и дуги)

$$G = (V, E, f, g, w) \quad (1)$$

$V$  – множество вершин сети;

$E$  – множество ориентированных дуг или неориентированных ребер, моделирующих дорожную сеть города, дуги соединяют вершины, соответствующие ПМК, свалкам, гаражам для грузовиков и вспомогательным элементам сети, повторяющим структуру дорожной сети.

Вершины накладываются на карту городской дорожной сети. Дуги и ребра сети соответствуют участкам дорожной сети (односторонним и двусторонним, соответственно). Имеется следующее разбиение множества  $V$

$$V = V_1 \cup V_2 \cup V_3 \cup V_4 \quad (2)$$

Где вершины из различных частей разбиения соответствуют различным ПМК ( $V_1$ ), местам выгрузки мусора – свалкам ( $V_2$ ), местам расположения гаражей ( $V_3$ ), вспомогательным соединительным точкам дорожной сети ( $V_4$ ).

Весовые функции вершин и ребер определяются следующим образом:

$f: V \times T \rightarrow R$  – функция веса вершины сети в момент времени  $t$ , определяет количество времени необходимое для проезда через вершину, в зависимости от типа вершины и характера действий, приписанных ей;

$g: E \times T \rightarrow R$  – функция веса дуги (ребра) в момент времени  $t$ , определяет количество времени необходимое для проезда грузовика по соответствующей дуге в зависимости от актуальной дорожной обстановки;



$w: V_4 \times T \rightarrow R$  – функция веса вершины сети в момент времени  $t$ , определяет количество заполненных контейнеров в вершине, соответствующей некоторой ПМК.

Пусть количество используемых автомобилей равно  $n$ . Сформулируем постановку задачи по оптимизации вывоза имеющегося на данный момент мусора в контейнерах.

Для заданного динамического графа и необходимого количества циклов загрузок-разгрузок ПМК найти  $n$  путей

$$P_i = v_0^i, v_1^i, v_2^i, \dots, v_{m_i}^i \quad (i=1, n) \quad (3)$$

таких, что выполняется ряд условий, гарантирующих вывоз заполненных контейнеров на свалки, минимальность совокупного времени использования грузовиков и равномерность их загрузки.

База знаний экспертной системы имеет продукционное представление и состоит из нечетких правил вида:

$$\text{Если } A \text{ есть } x \text{ то } B \text{ есть } y, \quad (4)$$

где  $A, B$  – факты;

$x, y$  – лингвистические переменные.

Примером области действия правил является экспертная трактовка дорожной ситуации, учитывающая время ликвидации последствий дорожно-транспортного происшествия (ДТП) в заданном месте транспортной сети города, заданной множеством  $S$ , а также рекомендации по включению в маршрут определенной вершины графа в случае невозможности движения до данной вершины в момент принятия решения, например, в связи с ДТП. Таким образом, правила базы знаний фактически являются мета-правилами, влияющими на выбор включения в маршрут тех или иных вершин графа. Например, правило может иметь вид (5), оно учитывает знания, полученные в дорожно-патрульной службе о возможности времени ликвидации последствий ДТП для восстановления движения :

Если в  $S_i$  – авария без серьезных последствий то следует скорее всего выбрать  $S_i$  (5)

### Заключение

Экспертная система «Умный чистый город» позволяет оптимизировать сбор мусора и его вывоз за территорию города, предоставляя эффективные инструменты управления этим процессом. В статье представлены формализованные оптимизационные по времени выполнения критерии, позволяющие управлять процессом вывоза мусора с ПМК. Очевидно, что динамический характер выбранной математической модели предполагает рассмотрение и иных критериев, одним из важнейших среди которых является «равномерность» загрузки используемой автомобильной техники, что накладывает дополнительные ограничения на алгоритм построения маршрутов движения. Динамический характер моделируемой ситуации выдвигает и требование пересмотра расписания маршрутов, которое может появиться в случае серьезных отклонений от предварительно рассчитанного расписания. Преимущество предложенного подхода со-



стоит в интеграции различных информационных потоков, описывающих степень наполненности контейнеров, дорожную обстановку и взаимное расположение грузовиков в момент пересчета расписания. Дополнительным преимуществом системы в целом является формирование продукционной базы знаний, использующей нечеткие экспертные правила, учитывающие реальную ситуацию в городе и влияющие на процесс принятия решения по формированию маршрута.

### Литература

1. Global Innovators: International Case Studies on Smart Cities. Research paper number 135. OCTOBER 2013. Available from [www.gov.uk/government/publications/smart-cities-international-case-studies-global-innovators](http://www.gov.uk/government/publications/smart-cities-international-case-studies-global-innovators)
2. Anagnostopoulos T., Zaslavsky A., Medvedev A., Khoruzhnikov S. Top-k Query based Dynamic Scheduling for IoT-enabled Smart City Waste Collection // In Proc. of the 16th IEEE International Conference on Mobile Data Management (MDM 2015), Pittsburgh, US.
3. Chourabi H., Nam T., Walker S. and others. Understanding Smart Cities: An Integrative Framework // In Proc. of the 45th Hawaii International Conference on System Sciences (2012), pp. 2289–2295.
4. Kumar N., Swamy C., and Nagadarshini K. // Efficient Garbage Disposal Management in Metropolitan Cities Using VANETs // Journal of Clean Energy Technologies, Vol. 2, No. 3, July 2014, pp. 258-262.
5. Каргин Р. В., Домницкий А. А. Маршрутизация движения дорожных машин для сбора и вывоз отходов / Р. В. Каргин, А. А. Домницкий // Дороги и мосты: сборник.–М.: РОСДОРНИИ. – 2012. – №. 28/2. – С. 92-102.
6. Долинина О.Н., Печенкин В.В., Тарасова В.В., Подходы к динамической визуализации графов социальных сетей образовательной организации / О.Н. Долинина, В.В. Печенкин, В.В. Тарасова // Вестник СГТУ. – 2011. – № 4 (62), – С. 239-242.

Н.В. Дмитриев

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ В ГЕОИНФОРМАЦИОННУЮ МОДЕЛЬ

(Уральский Государственный Университет путей сообщения, Екатеринбург)

#### 1 Введение

В настоящее время одной из основных проблем в экономике регионов и целой страны является задача оптимального построения транспортно-логистической инфраструктуры. Так как осуществить непосредственный анализ местности достаточно трудно из-за больших территорий, то проектировщики стали использовать цифровые модели местности, такие как геоинформационные системы (GIS) в качестве систем поддержки принятия решений. Для мак-



симальной информативности GIS должна содержать сведения о рельефе местности, почвах, характере растительности, объектах гидрографии, естественных и культурных объектах. Аэрофотоснимки и снимки со спутников не могут обеспечить всей полноты информации, так как содержат только изображения без описания. Поэтому авторами для создания системы построения GIS были выбраны топографические карты (ТК), так как в них содержится вся необходимая информация [1].

### 2 Особенности обработки топографических карт

Общая методология обработки любого цифрового изображения состоит из нескольких этапов: предобработки (удаление шумов, устранение размытости, улучшение изображения), сегментации (кластеризация, распознавание цветов, текстурное разделение), распознавания объектов (матричное совпадение, поиск особенностей, интеллектуальные методы) и понимания изображения (анализ сцен, объектная согласованность) [2, 3, 4]. Существуют различные методы, решающие первые три задачи, но они не оптимизированы для использования их в ТК, как объектах, имеющих сложную структуру. Сложность обработки карт заключается не только в том, что относительно небольшие объекты на них часто пересекаются, и помехи могут сильно исказить текстуры и цвет, но и в том, что объекты связаны не только структурой, но и функциями, делая распознавание нестабильным (ошибки в распознавании объектов одной функции могут повлиять на распознавание в целом).

Параллельно с данными этапами выполняются процедуры редукции данных и оптимизации. Под редукцией данных понимается уменьшение объёма занимаемого места памяти, например, за счёт уменьшения количества размерностей данных (три матрицы цветового пространства RGB преобразуются в одну в чёрно-белых тонах) или сокращение количества данных вдоль размерностей (удаление распознанных объектов, дублирующих друг друга, или объединение нескольких объектов в один). Под оптимизацией понимается вычисление или нахождение параметров алгоритмов, дающих максимальное качество, согласно выбранным критериям (ошибкам первого и второго родов при сегментации множества пикселей или вероятности распознавания символов и т. д.).

Фактически, все объекты на топографической карте являются двумерными, так как они состоят из множества пикселей, расположенных на плоской карте, но для практического применения считается, что объекты на цифровом изображении бывают трёх типов: точечные (символы текста, цифры и идеограммы), одномерные (изолинии, транспортные и другие коммуникации, реки) и двумерные (поля, дома, водные объекты). Очевидно, что для каждого отдельного типа объектов придётся использовать разные методы теории распознавания образов и машинного зрения.

К настоящему моменту авторами было проведено несколько исследований, касающихся распознавания точечных и линейных объектов, сравнивающих аналитические и интеллектуальные методы обработки информации. Было выявлено, что одним из наилучших методов является метод искусственных





нейронных сетей, хотя другие методы (например, детектор Кэнни или метод опорных векторов в задаче сегментации и выделение особенностей или метод матричного совпадения в задаче распознавания символов) также показывают хорошие результаты после гиперпараметрического оптимизирования, выполняемого для нахождения параметров методов для обработки именно топографических карт.

### 3 Описание и результаты работы программы

Основной проблемой, как уже было сказано, является комплексный функциональный анализ распознанных объектов, поиск возможных ошибок, сделанных на предыдущих этапах, получение согласованных данных GIS. ТК в процессе обработки необходимо разбить на функциональные слои, каждый из которых хранил бы информацию об отдельных объектах [5]. Прежде всего, нас интересует рельеф местности, так как именно его характер оказывает наибольшее влияние на проектирование транспортной инфраструктуры. Для этого был разработан алгоритм и прототип программы, выполняющей распознавание изолиний и отметок высот и строящий объёмную модель рельефа по введённой отсканированной топографической карте.

Для предобработки использовались низкоуровневые методы улучшения изображения (изменение контраста и яркости, фильтр для подавления шумов), затем для сегментации изолиний и отметок высот (коричневого цвета) использовался метод искусственной нейронной сети, на вход которой подавалась информация об окрестности исследуемой точки. В дальнейшем метод сегментации будет выполняться после кластеризации, так как объекты на ТК часто сильно отличаются по цвету от стандарта условных изображений.

Над полученным бинарным изображением, определяющем принадлежность пикселя к обладанию функции определения рельефа, производились морфологические операции, чтобы отделить матрицу чисел от матрицы линий. Данное разделение возможно, так как эти объекты относятся к разным типам размерности.

Далее, для распознавания цифр использовался метод нейронных сетей, как наиболее качественный в распознании отдельных символов (обучение производилось на зашумлённых изображениях цифр стандартного шрифта, используемого для отметок) и была реализована процедура разделения и сращивания кусочков изолиний. На последнем этапе полученные данные согласовывались, вычислялись высоты изолиний, у которых отсутствовали отметки, находились ошибки распознавания и строилась объёмная модель местности на основе интерполяции данных, полученных для изолиний, на точки карты, в которых изолинии отсутствуют.

Для иллюстрации разработанной программы, покажем исходную топографическую карту окрестности г. Нижний Тагил (рис. 1) и полученную объёмную виртуальную модель этой местности (рис. 2). На рис. 2 для наглядности масштаб рельефа по вертикальной оси увеличен в 4 раза.



Рис. 1. Топографическая карта местности

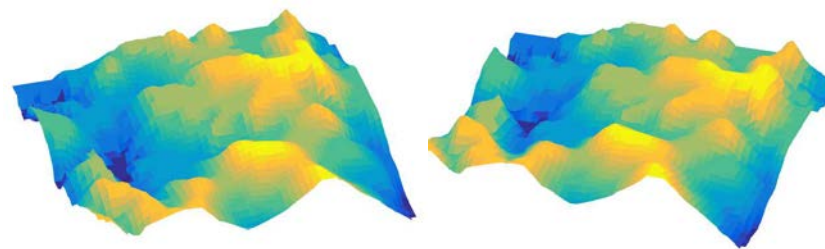


Рис. 2 Полученная виртуальная модель местности  
под разными углами зрения

### 4 Заключение

В настоящее время ведётся усовершенствование программы для комплексной обработки топографических карт, включая анализ объектов гидрографии, почв и растительности; нахождение географических координат для со-



вершения геопозиционирования. Так же ведутся теоретические и экспериментальные исследования возможности использования новых алгоритмов обработки изображений и их оптимизации для улучшения качества распознавания и быстрого действия программы.

Разработанная система не является полностью автоматической, так как всегда имеется вероятность ошибок, поэтому полученные географические данные следует проверять и подтверждать вручную, но время работы с такой системой значительно сокращается относительно существующих программных продуктов векторизации изображений, так как в них не происходит согласования данных и проверки ошибок, и они не специализированы для работы с топографическими картами.

### Литература

1. Тарасян В. С., Дмитриев Н. В. Интеллектуальная система анализа и преобразования топографических карт // Современные проблемы науки и образования. 2015, №2; <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21614> (дата обращения: 03.03.2016)
2. Претт, Э. Цифровая обработка изображений Текст.: в 2 т. / Э. Претт. - [Перевод с англ. Д.С. Лебедева] -М.: Мир, 1982.
3. Christopher M. Bishop Pattern Recognition and Machine Learning / Springer, 2006
4. Дуда Р., Харт П. Распознавание образов и анализ сцен М.: Наука, 1976, 512 с.
5. Тарасян В. С., Дмитриев Н. В. Система автоматизированного построения виртуальной модели местности по топографической карте // Молодежь в науке: Новые аргументы: Сборник научных работ II-го Международного молодежного конкурса. Часть I. 2015. С. 62-65.

Е.А. Жданова, М.В. Додонов

## СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЁРДЫХ НИТОК ГРАФИКА МЕЖДУ ГРУЗОТПРАВИТЕЛЯМИ НА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГЕ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

### 1 Предпосылки для разработки системы

Грузовые железнодорожные перевозки играют важную роль в экономике нашей страны. Исторически сложилось так, что самым востребованным, а в некоторых ситуациях единственно подходящим видом транспорта является железная дорога.

В настоящее время железнодорожные перевозки осуществляются безаварийно в соответствии с документами, регламентирующими движение каждого конкретного состава на каждом диспетчерском участке (нормативный



график РФ). Но позитивный опыт европейских железных дорог демонстрирует необходимость перехода на движение поездов по технологии твёрдых ниток графика, когда отправитель груза выкупает желаемое время (нитку графика) в расписании, и может в любой момент отследить, где находится груз, и когда он прибудет в место назначения. На данный момент эта технология еще не внедрена окончательно, но в этом направлении ведётся активная работа.

В процессе внедрения новой технологии неминуемо возникнет необходимость в автоматизации ряда процессов. Например, клиенту, малоознакомому с железной дорогой, будет затруднительно без посторонней помощи оформить доставку груза и выбрать подходящую нитку в расписании. Разрабатываемая система поддержки принятия решений призвана не только максимально упростить грузоотправителю процесс выбора нитки для отправки груза, предлагая ему наиболее подходящую, но и оценивать оптимальность общего плана перевозок с учетом всех забронированных ниток графика.

### 2 Использование мультиагентного подхода в разработке системы

В процессе обсуждения требований к системе с представителями ОАО РЖД был выявлен ряд характеристик, которыми должна обладать разрабатываемая система. Среди них такие характеристики как: интеллектуальность, масштабируемость, реактивность. Основной функцией системы является подбор для определённой заявки подходящей нитки. В случае если система будет обрабатывать заявки и нитки в соответствии с некоторым алгоритмом, то ей придётся рассмотреть все комбинации типа «заявка-нитка», что сведёт задачу подбора ниток заявкам к задаче полного перебора. Недостатки такого подхода очевидны: на распределение тратится слишком много времени и система недостаточно гибкая для того, чтобы подстроиться под меняющиеся входные данные.

Альтернативным подходом может служить мультиагентный подход: с его помощью можно получить гибкую, масштабируемую систему, которая самоорганизуется и не нуждается в управлении «сверху» [1]. Основной идеей при проектировании системы является идея организации «переговоров» и достижения соглашений между агентами двух типов: «заявками» и «нитками». На рисунке 1 представлена диаграмма объектов предметной области системы.

У каждой заявки и грузоотправителя есть набор критериев, по которым можно проанализировать, насколько одна заявка лучше другой. Наиболее простой и эффективный способ это описание в терминах естественного языка, например: «хорошая заявка», «плохой грузоотправитель» и т.д. Нечеткая логика позволяет делать выводы, опираясь на информацию именно такого рода. Учитывая особенность автоматизированной системы как системы поддержки принятия решений, в качестве математического аппарата был выбран нечеткий логический вывод, наиболее близкий к процессу рассуждений человека [2]. Для каждой из лингвистических переменных были построены функции принадлежности на основе экспертных оценок. Например, для переменной «количество отказов грузоотправителя от перевозок» терм-множество состоит





из трёх элементов «малое», «среднее» и «высокое», где «малое» это от 0 до 10, «среднее» от 10 до 20, а «высокое» от 20 и больше [3].

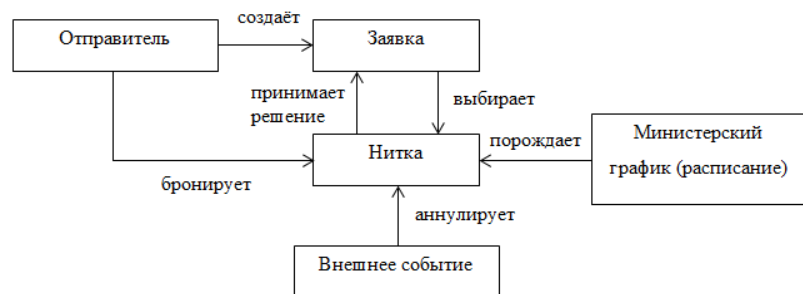


Рис. 1. Диаграмма объектов системы

Помимо количества отказов грузоотправителя в системе учитываются следующие критерии:

- стоимость заявки;
- периодичность заявки;
- количество вагонов;
- наличие опасных веществ;
- габаритность груза;
- дальность перевозки (в сутках);
- наличие скоропортящегося товара;
- количество перевозок грузоотправителя;
- количество отказов грузоотправителя от перевозок.

Возникновения непредвиденного события может повлиять на распределение ниток в системе. Представим ситуацию, в которой для нужд военных были забронированы несколько ниток. В этом случае агенты, соответствующие этим ниткам, должны оповестить все заявки, для которых нитки являются подходящим, что обслуживание их невозможно. После этого агенты «нитка» перестают существовать и учитываться в системе.

### 3 Структура системы

Система распределения твёрдых ниток графика между грузоотправителями состоит из двух частей: клиентской и серверной.

С помощью *клиента*, устанавливаемого на ПК фирмы, грузоотправитель взаимодействует с заявками, а также бронирует предлагаемые ему нитки графика. Клиентская часть имеет удобный графический интерфейс.

Клиентская часть системы взаимодействует с сервером через Интернет-соединение по протоколу TCP/IP. На *сервере* происходит работа с базами данных, выбор нитки для конкретной заявки и производится оценка эффективности распределения. Структурная схема системы представлена на рисунке 2.

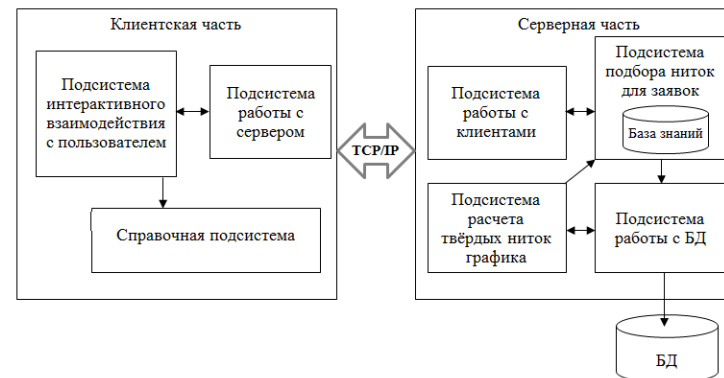


Рис. 2. Структурная схема системы

### 4 Выводы по работе

Благодаря использованию мультиагентного подхода, разрабатываемая система обладает реактивностью, масштабируемостью и адаптивностью, способна быстро подбирать для грузоотправителя подходящее время в расписании с учетом типов груза, маршрута, количества вагонов и т.д. Внедрение данной системы позволит в разы ускорить процесс бронирования ниток, а также повысить эффективность распределения расписания между грузоотправителями.

### Литература

1. Wooldridge, M. Intelligent Agents: Theory and Practice. The Knowledge Engineering Review. – 1995. – Vol.10, №2. – P.115-152.
2. Додонова, Н.Л. Процедура нечеткого вывода состава региональных управляемых промышленных кластеров [Текст] / Н.Л. Додонова, Е.А. Кукольников. – Тольяти: ПВГУС, 2014. – С.52-57.
3. Борисов, В.В. Нечеткие модели и сети [Текст] / В.В. Борисов, В.В. Круглов, А.С. Федюлов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 284 с.

Е.Д. Карпова

### ВЫБОР АЛГОРИТМА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОИСКА ТУРИСТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ НА ФОТОГРАФИЯХ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Туризм является важной составной частью экономической системы России. Одним из главных элементов обеспечения комфортного изучения достопримечательностей и различных туристических объектов в городах России, на



данный момент, является карта. Однако по картам нельзя сразу получить интересную информацию об искомом объекте и другие его изображения, также зачастую достопримечательности неузнаваемы для человека, не знакомого с местностью. Поэтому в настоящее время задача детектирования объектов на изображениях является актуальной для распознавания туристических объектов и формирования системы дополненной реальности. Существует множество алгоритмов и подходов для решения задачи детектирования объектов на изображении, но учитывая специфику конкретной поставленной задачи необходимо рассмотреть лишь некоторые из них, наиболее подходящие для специфики задачи. Особенностью распознавания туристических объектов является то, что эти объекты разнородны (памятники, памятные таблички, здания и так далее) и не поддаются классифицированию.

#### Алгоритмы для детектирования объектов на изображении

В статье [1] для детектирования объекта на изображении выделяются границы объекта с помощью одного из самых популярных методов – детектора Кенни, алгоритм состоит из пяти отдельных этапов:

1. Сглаживание. Размытие изображения для удаления шума.
2. Поиск градиентов. Границы отмечаются там, где градиент изображения приобретает максимальное значение.
3. Подавление немаксимумов. Только локальные максимумы отмечаются как границы.
4. Двойная пороговая фильтрация. Потенциальные границы определяются порогом
5. Трассировка области неоднозначности. Итоговые границы определяются путём подавления всех краёв, несвязанных с определёнными (сильными) границами.

Далее на двоичном изображении, содержащем границы, детектируются структурные элементы (в данном случае окружности) с помощью преобразования Хафа, которое служит для поиска на изображении фигур, заданных аналитически [2]. Исходный алгоритм преобразования Хафа был разработан для поиска прямых линий. Если прямая задана уравнением  $y = kx + b$  с параметрами  $k$  и  $b$ , то пространство параметров будет двумерным. Чтобы использовать преобразование Хафа, исходное изображение контуров бинаризуется и для каждой превосходящей порог точки исходного пространства  $(x, y)$  определяется множество прямых, которые могут через нее проходить. Это множество задает в пространстве Хафа некоторую кривую. Данная процедура называется голосованием – каждая точка  $(x, y)$  голосует за множество прямых, которые могли бы через нее проходить. Перебор всех точек исходного изображения заполняет аккумулятор, в котором далее ищутся локальные максимумы, которые определяют параметры искомого прямого. Таким образом выделяется объект, структурными элементами которого являются окружности. Очевидным достоинством данного метода является отсутствие необходимости составления обучающей выборки.



В работе [3] для определения марки автомобиля по видеокадру был выбран метод Виолы-Джонса [4], т.к. он обеспечивает необходимую скорость и качество обработки изображений. При обучении использовался метод AdaBoost в варианте, представленном Виолой и Джонсом. Данный алгоритм предназначен для обнаружения объектов определённых классов, изначально для распознавания лиц. Эмблемы автомобилей различных марок отличаются друг от друга, таким образом, их нельзя объединить в один класс объектов и обнаружить их за один проход. Поэтому в итоге формируются отдельные классы для каждого типа эмблем. Плюсом данного подхода является быстрота и качество обработки, но при этом затраты времени на обучение системы увеличивается в разы за счёт увеличения класса объектов, так как для каждого класса необходима своя обучающая выборка.

Для поиска объекта на изображении, метод, описанный в статье [5], использует яркостные признаки. Чтобы устранить влияния освещения и некоторых других особенностей при съёмке, необходимо использовать относительные показатели яркости. Данный метод использует шаблон, который формируется по обучающей выборке. Для описания изображения строится матрица, в которой отображены показатели сравнений областей изображения каждый с каждым. Элементы этой матрицы далее называют признаками. Показатель сходства с шаблоном определяется как отношение совпавших признаков к общему количеству признаков. Недостатком данной методики является чувствительность шаблона к совпадению размерности матриц шаблона и изображения, а также к масштабу и повороту объекта, поэтому необходимо использовать методы предварительной обработки для нормализации геометрии объекта, что влияет на скорость работы алгоритма. Плюсом же является относительная простота этого алгоритма для понимания относительно многих других алгоритмов распознавания объектов на изображении.

Задача заключается в выделении области на фотографии, в которой запечатлён один из известных туристических объектов. Объекты заранее известны, для них могут быть собраны эталонные изображения и подготовлены данные для детектирования объекта. Для различных классов объектов могут применяться разные алгоритмы детектирования с учётом особенностей самих объектов: цвета, текстуры, размеров. Задача может быть упрощена, если известны координаты места, с которого сделан снимок и направление, в котором велась съёмка. Это сводит задачу к перебору достаточно небольшого числа достопримечательностей, поскольку мы можем ограничить поиск объектов некоторым радиусом видимости, который может быть задан константой.

Исходя из всех достоинств и недостатков вышеописанных алгоритмов и методик поиска объекта на изображении, можно сделать вывод, что для решения задачи поиска туристических объектов на фотографии каждый из алгоритмов подходит для решения задачи для некоторых классов объектов, таких как памятные таблички, памятники или здания. Детектор Кенни может быть применён для выделения контуров и последующего их сравнения с шаблонными контурами памятников, так как именно памятники и различные монументы



имеют наиболее уникальные границы. Преобразования Хафа могут быть применены для поиска прямоугольных или круглых областей, с последующим поиском среди них памятных табличек, так как именно они, в основном, имеют заранее чётко известную и простую форму. Методы Виолы-Джонса и относительной яркости подходят для решения задачи в целом, то есть для поиска наиболее распространённых туристических объектов (памятников, монументов, зданий), но для каждого из методов необходимо составить обучающие выборки и обучать систему, кроме того каждый из методов имеет уникальный формат обучающих данных (шаблонов, матриц, коэффициентов обучения). Мы можем сделать вывод о том, что наибольшее количество преимуществ имеет метод Виолы-Джонса, дополнительным его преимуществом является наличие стандартной реализации в библиотеке OpenCV [6], что значительно облегчает его апробацию.

### Литература

1. Азаренко, Д.С. Детектирование объекта на изображении и определение его смещения на двух различных изображениях [Текст] /Д.С. Петров //Искусственный интеллект. – 2013. – № 3. – С. 90–97.
2. Корнилов, Ф.А. Поиск прямоугольных контуров на изображениях с помощью преобразования Хафа [Текст] /Ф.А. Корнилов //Современные проблемы математики и её приложений. – 2014. – С. 192.
3. Копылов, И.Е. Определение марки автомобиля по видеокадру с использованием модифицированного алгоритма Виолы-Джонса [Текст] / И.Е. Копылов, К.Л. Тассов //Наука и образование: электронное научно-техническое издание. – 2012. – №. 06. – С. 205–210.
4. Viola, P. Rapid object detection using a boosted cascade of simple features / P. Viola, M. Jones // Proc. IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. December 2001. Vol. 1. PP. 1063–6919.
5. Агарков, А.В. Поиск объектов на изображениях с помощью относительной яркости отдельных областей [Текст] / А.В. Агарков, Р.О. Кашин, К.С. Ивашко //Искусственный интеллект. – 2014. – № 4. – С. 180–185.
6. Bradski, G. Learning OpenCV: Computer vision with the OpenCV library / G. Bradski, A. Kaehler – O'Reilly. – 2008. – 580 с.

В.П. Ключев

### АВТОМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА БОЛЬШИХ ОБЪЕМОВ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕРЕВЬЕВ РЕШЕНИЙ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

В современном мире быстро развиваются технологии автоматического анализа больших объёмов данных. Это вызвано тем, что накопленную инфор-



мацию уже невозможно обработать вручную. Один из методов автоматического анализа данных – это деревья решений.

Построение дерева решений начинается с определения обучающей выборки. Пусть задано некоторое множество  $X$ , содержащее примеры, каждый из которых характеризуется  $n$  атрибутами. Каждый объект принадлежит некоторому классу  $C_k$ .

Возможны 3 ситуации:

1. Множество  $X$  состоит из объектов принадлежащих одному классу  $C_k$ . Тогда  $X$  – это лист, определяющий класс  $C_k$ ;
2. Множество  $X$  пустое. Тогда  $X$  – это снова лист, который принадлежит такому же классу, что и родитель.
3. Множество  $X$  состоит из объектов, относящихся к разным классам. Множество  $X$  следует разбить на подмножества. Для этого выбирается один из атрибутов, имеющий различные значения  $O_1, O_2 \dots O_m$ . Множество  $X$  разбивается на подмножества  $X_1, X_2 \dots X_m$ , где каждое подмножество  $X_i$  содержит все объекты, имеющие значение  $O_i$  для выбранного атрибута. Это процедура повторяется рекурсивно.

После этого возникает несколько вопросов.

Первый вопрос – это выбор атрибута, по которому нужно будет проводить разбиение множества. Это особенно актуально, потому что большинство из известных алгоритмов являются “жадными алгоритмами”. Если один раз был выбран атрибут, и по нему было произведено разбиение на подмножества, то алгоритм не может вернуться назад и выбрать другой атрибут, который дал бы лучшее разбиение. Из этого видно, что на этапе построения нельзя сказать даст ли выбранный атрибут оптимальное разбиение или нет.

Второй вопрос – это проблема отсечения избыточных ветвей. Сам по себе вопрос тривиален. Если разбиение множества в узле ведет к листам одного класса, то этот узел можно считать листом этого класса. Но отсюда вытекает другой вопрос.

Третий вопрос – критерий прекращения. Если во множестве на 99 объектов класса  $C_1$  приходится 1 объект класса  $C_2$ , то можно считать этот узел листом класса  $C_1$ ? А если на 95 объектов класса  $C_1$  – 5 объектов класса  $C_2$ ? Другими словами, как определить является узел листом дерева или его нужно еще раз разбить на подмножества.

В настоящее время существует большое число алгоритмов реализующих деревья решений: CART, C4.5, NewId, IRule, CHAID, CN2 и другие. Самыми известными и популярными на сегодняшний день являются алгоритм CART и C4.5.

CART (Classification and Regression Tree) – это алгоритм построения бинарного дерева решений (каждый узел дерева имеет двух потомков). Алгоритм CART использует, так называемый, индекс Gini, который оценивает “расстояние” между распределениями классов.



$$Gini(u) = 1 - \sum_j p_j^2,$$

где  $u$  - текущий узел;  $p_j$  - вероятность класса  $j$  в узле  $u$ .

Сейчас существуют модификации алгоритма CART - алгоритмы IndCART и DB-CART.

C4.5 – алгоритм, который умеет работать с непрерывным целевым полем, поэтому он решает только задачи классификации. У этого алгоритма количество потомков у узла не ограничено. Алгоритм C4.5 – развитие алгоритма ID3. Он использует теоретико-информационный подход. Для выбора наиболее подходящего атрибута, предлагается следующий критерий:

$$Gain(P) = Info(X) - Info_g(X),$$

где  $Info(X)$  - энтропия множества  $X$ .

$Info_g(X)$  находится по формуле:

$$Info_g(X) = \sum_{i=1}^n Info(X) \frac{|X_i|}{|X|},$$

где  $|X|$  - мощность множества  $X$ .

Множества  $X_1, X_2, \dots, X_m$  получены при разбиении исходного множества  $X$  по проверке  $P$ . Выбирается атрибут, дающий максимальное значение по критерию.

#### Библиографический список

1. Коршунов, Ю. М. Математические основы кибернетики. М. Энергоатомиздат, 1987
2. Breiman, L. Classification and Regression Trees. Wadsworth, Belmont, California, 1984
3. Ross Quinlan, J. C4.5: Programs for Machine learning. Morgan Kaufmann Publishers 1993.

П.А. Корнев, А.В. Шолохов

#### НЕЙРОСТРУКТУРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ СЕТЕВЫХ ПРОБЛЕМ

(Рязанский государственный радиотехнический университет)

С целью оперативного устранения большого числа быстро возникающих проблем в локальных вычислительных сетях успешно применяются не только возможности человеческого инженерного мышления, но и методы искусственного интеллекта [1,2] Для более эффективного использования современных возможностей машинного интеллекта необходимо использовать программный комплекс, автоматизирующий процесс генерации и реализации управляющих



решений. Рассмотрим алгоритмическое обеспечение такой программной системы, основанной на нейроструктурном моделировании.

Чтобы данный программный инструментарий корректно выполнял возложенные на него задачи по обнаружению сетевых конфликтов, его нейроструктурная модель (НСМ) должна быть синтезирована с учетом топологии локальной вычислительной сети (ЛВС), в которой он будет функционировать.

Для синтеза нейроструктурной модели системы принятия решений при ликвидации сетевых проблем (НСМ СПРЛСП) с учетом топологии ЛВС предлагается использовать следующий алгоритм (рис. 1).

Под параметрами сенсоров понимаются множества ARP-пакетов ЛВС, захваченные сенсорами в течение установочного времени  $T$ , на основе которых определяются топологии ЛВС и её подсетей, а также количество подсетей.

Нейроны скрытого слоя (слоев) с наилучшей функцией активации синтезируются по алгоритму, приведенному на рисунке 2, где:

- $C$  – общее количество сенсоров;
- $A$  – массив возможных функций активации (ФА);
- $B$  – общее количество возможных ФА в массиве  $A$ ;
- $f$  – функция активации нейронов текущего скрытого слоя.



Рис. 1. Алгоритм синтеза нейроструктурной модели системы принятия решений при ликвидации сетевых проблем

Топология ЛВС и её подсетей учитываются при формировании обучающих выборок. По наименьшей среднеквадратической ошибке обучения  $E$  нейроструктурной модели с текущим скрытым слоем определяется наилучшая функция активации для его нейронов.

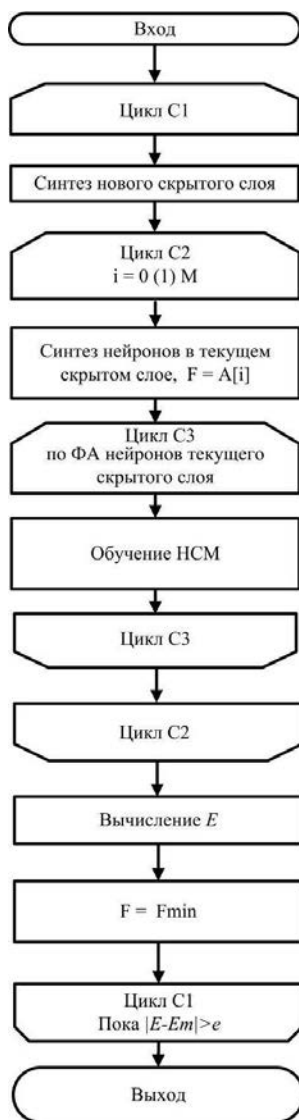


Рис. 2. Алгоритм синтеза нейронов скрытого слоя (слоев) HCM с наилучшими функциями активации



Возможность добавления нового скрытого слоя определяется сравнением ошибки обучения текущей HCM ( $E$ ) с ошибкой  $Em$ , вычисленной экспериментальным путем.

Если значение среднеквадратической ошибки  $E$  примерно равно  $Em$ , то добавление нового скрытого слоя невозможно.

В массив возможных ФА нейронов скрытого слоя входят:

- функция сигмоидального типа;
- функция типа «И»;
- функция тригонометрического синуса.

В качестве ФА нейронов входного и выходного слоев HCM используются функции активации колоколообразного и сигмоидального типов соответственно. Алгоритм синтеза входного слоя HCM представлен на рисунке 3. Алгоритм синтеза выходного слоя HCM представлен на рисунке 4.

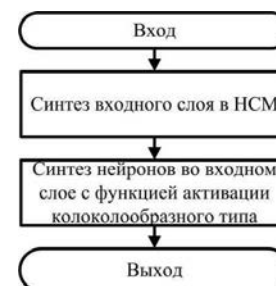


Рис. 3. Алгоритм синтеза входного слоя HCM



Рис. 4. Алгоритм синтеза выходного слоя HCM

Синтезированная HCM СПРЛСП имеет гетерогенную структуру. Для обучения используется алгоритм многократного распространения ошибки вследствие нестабильности процесса обучения из-за использования различных функций активации [3,4], то есть на каждой итерации модифицироваться будут синаптические связи только одного слоя нейронной сети.

Модификация весовых коэффициентов осуществляется по формуле 1.



$$W_{ip} = W_{ip}(t) - \alpha_i(t) \frac{\partial E}{\partial W_{ip}}, \quad (1)$$

где  $W_{ip}$  – весовой коэффициент, соответствующий  $i$  нейрону слоя  $p$ ;

$\alpha_i$  – адаптивный шаг обучения для скрытого слоя;

$t$  – номер текущей итерации.

Подробно формула (1) обоснована в [3].

Алгоритм обучения синтезированной НСМ СПРЛСП представлен на рисунке 5, где:

- $P$  – общее число слоев НСМ;
- $Q$  – массив всех обучающих выборок;
- $R$  – общее количество всех обучающих выборок в массиве  $Q$ ;
- $u$  – обучающая выборка на текущей итерации.



Рис. 5. Алгоритм обучения синтезированной НСМ СПРЛСП

Следует заключить, что разработанный комплекс алгоритмов реализует на практике типовую нейроструктурную модель системы искусственного интеллекта для решения сетевых проблем. Представленные алгоритмы также могут служить основой для дальнейших исследований в направлении совершенствования модулей автоматизации принятия управленческих решений в различных телекоммуникационных структурах.



## Литература

1. Норткат Стивен. Обнаружение нарушений безопасности в сетях. – 3-е изд. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 447 с.
2. Лукацкий А. В. Обнаружение атак. – 2-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003 (Акад. тип. Наука РАН). – 596 с.
3. Рудой Г. И. Выбор функции активации при прогнозировании нейронными сетями [Электронный ресурс]. – URL: <http://jmla.org/papers/doc/2011/no1/Rudoy2011Selection.pdf> (дата обращения: 12.03.2016).
4. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

П.О. Корчагин

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ МЕТОДОМ «УВЕРЕННЫХ СУЖДЕНИЙ ЛПР»

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Обеспечение эффективных методов в условиях многокритериальной оценки альтернатив является актуальной задачей. Для её решения предложен целый ряд методов и реализующих их программных продуктов, начиная от Sprinter, MEDIAC и Brandaid[1] и до современных систем Decision Deck[2], diviz[3], MCDA-ULaval[4] и других. Активно работает Европейская рабочая группа по многокритериальному принятию решений (EURO Working Group Multicriteria Decision Aiding)[5], которая организует конференции, встречи, работает с людьми, заинтересованными в практическом применении методов поддержки принятия решений.

Наличие множества различных подходов, как ни парадоксально, осложняет её решение, потому что создаёт у ЛПР неопределённость в обоснованном выборе «лучшего» из них. Так, в перечисленных системах применяются методы осреднённой оценки нескольких привлекаемых экспертов, весовых коэффициентов, попарного сопоставления сравнительной значимости частных критериев. Путём снятия этой неопределённости является формулирование основного критерия эффективности наилучшего подхода. По нашему мнению, что рассматриваются лишь достаточно аргументированные подходы, таким критерием является лёгкость в понимании ЛПРом основных гипотез, лежащих в их основе и отсутствие дополнительных требований к самому лицу принимающему решению, вроде попарного сравнения всех альтернатив или назначения «весовых коэффициентов» частных критериев.

С этих позиций, предпочтительным представляется метод «уверенных суждений ЛПР» [6,7]. Суть метода уверенных суждений заключается в отказе от сужения возможностей по принятию решений, а наоборот, учёт всех возможных вариантов решений задачи.





Сравнительными характеристиками решенной задачи являются мягкий и жесткий рейтинги. Мягкий рейтинг отражает среднюю сравнительную эффективность этого решения по сравнению с другими решениями, оказавшимися наилучшими при различных способах учета неопределенности для данного варианта. Жесткий рейтинг есть доля способов учета неопределенности.

В докладе описывается программная система, реализующая метод уверенных суждений. Это веб-предложение, использующее архитектурный паттерн MVC, что позволяет разделить логику от отображения. Сайт написан на языке PHP 5.4. В качестве хранилища данных используется РСУБД Postgresql 9.

Главный экран системы содержит ссылки: пользователи, задачи, доработки, администратор. Вход в систему осуществляется вводом логина и пароля. Регистрация осуществляется через обращение к администратору системы. Система содержит банк пользователей, каждый из зарегистрированных пользователей имеет в своём распоряжении банк своих задач, которые может создавать, инициализировать, редактировать.

Отдельная задача представляет собой таблицу, строки которой отвечают альтернативам, а столбцы – частным критериям, по которым оценивается эффективность альтернатив. По каждому критерию задаётся направление оптимизации (на минимум, нейтрально, на максимум), шкала измерения значений критериев (количественная или порядковая) и группа важности. Введение групп важности является положительной отличительной особенностью метода уверенных суждений, поскольку позволяет ЛПРУ отражать свои предпочтения в порядковой, а не в количественной шкале, поскольку измерение своих предпочтений в количественной шкале является невыполнимым требованием к ЛПРУ.

Система обеспечивает добавление и исключение альтернатив вариантов, ввод и редактирование их названий, ввод значений критериев для различных альтернатив непосредственно на экране. Кроме того возможна подготовка по аналогичному шаблону исходной информации в формате электронных таблиц OpenOffice Calc, Microsoft Excel и импорт их в систему. При нажатии на кнопку «Расчёт» происходит вычисление жесткого и мягкого рейтингов альтернатив, причём объём случайной выборки моделирующей множество неопределённой весовых коэффициентов в методе уверенных суждений устанавливается пользователем в зависимости от желаемого им времени получения результатов. При нажатии на заголовок любого столбца таблицы происходит её упорядочение по элементам этого столбца.

Результаты решения могут быть сохранены в базе задач пользователя и выведены для документирования и дальнейшей работы с ними в формате электронных таблиц OpenOffice Calc, Microsoft Excel. Кроме того, реализована функция версионности. Этот механизм позволяет лицу принимающему решение углубляться в раздумия, корректировать условия решаемой задачи, сопоставляя соответствующие результаты в виде дерева возможных модификаций задачи принятия решения.



Система использовалась при сравнительной оценке структуры проектных решений по беспилотным летательным аппаратам (совместно с В. С. Брусовым) и сравнении эффективности национальных исследовательских университетов РФ (совместно с В. В. Малышевым), а также в ряде других приложений.

### Литература

1. A Brief History of Decision Support Systems // Decision Support Systems Resources URL: <http://dssresources.com/history/dsshistory.html> (дата обращения: 13.03.2016)
2. The Decision Deck project URL: <http://www.decision-deck.org/project/> (дата обращения: 13.03.2016).
3. Design, execute and share MCDA methods URL: <http://www.decision-deck.org/diviz/> (дата обращения: 13.03.2016).
4. Multi-Criteria Decision Aiding tool // MCDA-ULaval URL: <http://cersvr1.fsa.ulaval.ca/mcda/?q=en> (дата обращения: 13.03.2016).
5. EURO Working Group Multicriteria Decision Aiding URL: <http://www.cs.put.poznan.pl/ewgmcd/> (дата обращения: 13.03.2016).
6. С.А.Пиявский Два новых понятия верхнего уровня в онтологии многокритериальной оптимизации
7. Малышев В.В., Пиявский С.А. Метод “уверенных суждений” при выборе многокритериальн, Известия Российской академии наук., серия «Теория и системы управления», №5. 2015 – с. 90-101

О.Г. Костанян, А.В. Куприянов

### КЛАСТЕРИЗАЦИЯ БОЛЬШИХ ОБЪЁМОВ ДАННЫХ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва,  
Институт систем обработки изображений РАН)

На сегодняшний день в мире накоплено огромное количество разнотипной структурированной информации, из которой не сразу можно получить сколь-нибудь значимые знания. С целью упрощения восприятия огромных объёмов данных разработано много алгоритмов кластеризации.

Кластеризация позволяет упростить дальнейшую обработку данных, сократить объём хранимых данных, выделить нетипичные объекты, построить иерархию множества объектов.

Кластеризация – это объединение схожих объектов в группы. В области анализа данных и Data Mining, кластеризация является фундаментом. Область применения кластеризации очень широка:

- сегментация изображений;
- анализ текстов;
- борьба с мошенничеством;



- маркетинг;
- прогнозирование.

Например, в маркетинге для того, чтобы провести аналитику, сначала, с помощью кластеризации выделяют группы схожих клиентов, товаров, покупателей, затем для каждой группы строят отдельную модель и стратегию, вместо того, чтобы построить одну общую модель и стратегию на всех данных.

Решение задачи кластеризации данных, вообще говоря, является неоднозначной, так как не существует точной постановки задачи кластеризации. Существует много критериев качества кластеризации, много эвристических методов кластеризации, число кластеров, как правило, неизвестно заранее, результат кластеризации существенно зависит от метрики, которую эксперт задает субъективно.

Выделим наиболее популярные методы кластеризации:

- статистические алгоритмы
- k-средних (k-means)
- иерархическая кластеризация (таксономия)
- графовые алгоритмы
- нейронная сеть Кохонена

Статистические алгоритмы кластеризации основаны на разделении смеси вероятностных распределений по конечной метрике. Другими словами задача кластеризации совпадает с задачей разделения смеси вероятностных распределений и для решения используют ЕМ-алгоритм. В результате кластеризации данным алгоритмом, на выходе мы получим множество объектов, которые с определенной вероятностью будут принадлежать к каждому кластеру.

Т.е. возможна ситуация, что один объект будет с вероятностью 0,5 принадлежать одному кластеру и 0,5 другому. Это является своеобразным недостатком данного алгоритма.

Метод k-средних (k-means), является одной из разновидностей ЕМ-алгоритма, а вернее его упрощением, так как в отличие от ЕМ, который каждому объекту ставит в соответствие кластер с определенной вероятностью, k-means жестко привязывает каждый объект к конкретному кластеру. Существует большое количество модификаций алгоритма k-средних, однако общий алгоритм схож:

сначала произвольным образом выбираются центры кластеров, затем каждый объект относится к ближайшему центру. После того как все объекты распределены по кластерам, происходит пересчет центра масс кластеров. Таким образом центр кластеров изменяется, следовательно, пересчитав все попарные расстояния от объектов до новых центров масс, мы получим новое распределение объектов по кластерам. Таким образом, продолжая эти итерации мы добьемся того, что центры масс устоятся и не будут изменять свое положение, в этом случае кластеризация завершается и мы получаем на выходе объекты, которые приписаны к конкретному кластеру. Одним из значимых недостатков данного алгоритма является высокая чувствительность к выбору начальных центров и то,



что необходимо явно задавать количество кластеров. Решить данные проблемы можно немного модернизировав этот алгоритм: задавать начальные точки так, чтобы расстояния между центрами были максимальны, и проводить кластеризацию для разных параметров k до тех пор, пока не увидим значительного улучшения.

Еще одну группу алгоритмов составляют графовые алгоритмы: алгоритм выделения связанных компонент, кратчайший незамкнутый путь, ФОРЭЛ (ФОРмальные Элементы) и т.д.

Идея графовых алгоритмов заключается в том, что все объекты представляются в виде графов, а их ребра это расстояние между заданными объектами.

В алгоритме выделения связанных компонент, задается некое расстояние, по которому решают удалять ребро, связывающее два объекта, или нет. Таким образом, задав некое расстояние, можно кластеризовать множество объектов. Недостатком такого алгоритма является большая чувствительность к шуму и необходимость задания параметра R.

Еще более простым является алгоритм «кратчайший незамкнутый путь». Здесь мы находим пару вершин с наименьшим расстоянием и соединяем их ребрами, затем пока в выборке есть изолированные точки, мы соединяем их с ближайшим элементом. Когда все элементы будут соединены, тогда мы просто удаляем K-1 самых длинных ребер. Таким образом, мы получим K кластеров. Также недостатком является чувствительность к шуму и задание количества кластеров.

С целью качественного сравнения одного кластерного разбиения с другим вводится понятие функционала качества кластеризации. Приведем наиболее популярные функционалы качества:

- Минимизация среднего внутрикластерного расстояния F1 (суммируем все попарные расстояния объектов, которые попадают в один кластер).  $O(n^2)$
- Максимизация среднего межкластерного расстояния F2 (суммируем все попарные расстояния объектов, которые попадают разные кластеры).
- Минимизация частного среднего внутрикластерного расстояния и среднего межкластерного расстояния F1/F2
- Минимизация среднего внутрикластерного расстояния Ф1 (суммируем все расстояния до центров своего кластера).  $O(n)$
- Максимизация среднего межкластерного расстояния Ф2 (суммируем все расстояния между центрами кластеров).
- Минимизация частного среднего внутрикластерного расстояния и среднего межкластерного расстояния Ф1/Ф2

Работа с большим объемом данных невозможна в обычном однопотоковом программировании, т.к. для решения таких задач требуется большое количество процессорного времени, поэтому решением данной проблематики являются различные распределенные реализации. Одной из наиболее популярных



моделей для кластеризации больших объемов данных является технология распределённых вычислений MapReduce.

Модель программирования MapReduce в общем случае содержит несколько функций Map (распределитель) и Reduce (редуктор). Функция Map своими входными параметрами принимает пары key/value. Значение value каждого объекта представляет собой строку, состоящую из координат n-мерного вектора параметров. Входные данные распределяются между Mapper-ами. Начальное множество кластерных центров передаются каждому Mapper-у. Каждый центроид задается своим идентификатором в качестве ключа key и значением центроида в качестве значения value. Map функция, сравнивая значение очередного объекта со значениями кластерных центров, определяет, его принадлежность к заданным кластерам. Выходными значениями для каждого Mapper-а, пара ключ/значение для каждого объекта, где ключ – это номер ближайшего центроида, значение – вектор параметров в n-мерном векторе.

После работы функции Map, значения записываются в распределенную файловую систему. Между стадией Map и Reduce промежуточные данные сортируются и тассуются. Входными данными Reduce-ов будут выходные данные Mapper-ов.

Функция Reduce содержит все пары ключ/значение, которые получены от функции Map. Для всех пар ключ/значение, имеющих один и тот же ключ, их значение сохраняются в некотором итераторе, затем функция Reduce вычисляет среднее значение, которое имеет один и тот же ключ. Таким образом, получаем новые центроиды, и выходные данные передаются функциям Map. Этот процесс продолжается до тех пор, пока центры массы не перестанут изменяться.

Для решения задачи кластеризации с помощью парадигмы MapReduce можно выбрать платформу Hadoop, которая предназначена для создания и запуска распределенных приложений, работающая с большими объемами данных. Одним из основных компонентов платформы Hadoop является его файловая система HDFS (Hadoop distributed file system). Основной функцией распределенной файловой системы является разделение данных конкретного пользователя на блоки данных и репликация заданных блоков по локальным дискам узлов кластера.

#### Список источников

1. Батуркин С.А., Гостин А.М., А.В. Пруцков и др. Система внутреннего тестового контроля знаний РГРТУ: методические указания/ Рязан. гос. радиотехн. ун-т. – Рязань, 2007. – 68 с.
2. Мансурова М.Е., Шоманов А., Тулепбергенов Б., Параллельный алгоритм кластеризации для обработки гиперспектральных изображений на основе MapReduce Hadoop// Международная конференция “ИКТ: образование, наука, инновации”, Алматы, 20-21 мая 2013 г. – с. 56-61.



В.Д. Ленчук, Д.О. Маркин

## СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ОБМЕНА ЭЛЕКТРОННЫМИ СООБЩЕНИЯМИ УДАЛЕННЫМИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ СИСТЕМЫ ДОМЕННЫХ ИМЕН

(Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации)

Особое место среди источников утечек конфиденциальной информации занимает электронная почта. Хотя ее доля и уменьшается, электронная почта по-прежнему имеет весомый процент среди каналов утечек, о чем свидетельствует диаграмма, представленная на рисунке 1 [1].



Рисунок 1 – Распределение утечек по каналам  
за первые полугодия 2014 и 2015 годов

В процессе информационного взаимодействия при работе системы обмена электронными сообщениями существенную роль на безопасности информации оказывают факторы и угрозы, определяемые стандартами [2, 3], относящиеся к классу сетевых, то есть, реализуемых с использованием протоколов межсетевого взаимодействия. Особое значение в сетевом взаимодействии играет система адресации и маршрутизации, важным элементом которой является система доменных имен. К числу угроз, использующих систему доменных имен, относятся угрозы, основанные на модификации пакетов DNS-транзакций, которые относятся к классу угроз, направленных на создание в сети ложного маршрута. Их потенциальная опасность заключается в возможности перехвата данных, передающихся между клиентами сетевых сервисов и серверами этих сервисов. Очевидно, что использование определенных возможностей системы доменных имен, позволяющих получить доступ к информационному взаимодействию удаленных пользователей, позволит реализовать функции мониторинга, аудита и фильтрации передаваемых данных, включая и сообщения электронной почты.



Для реализации предлагаемой системы предлагается использовать следующие элементы:

1. Почтовый сервер на базе операционной системы Centos.
2. Почтовый клиент, использующий ПО Mozilla Thunderbird.
3. Точка мониторинга на базе операционной системы Debian.

Пример приведенной системы представлен на рисунке 2.

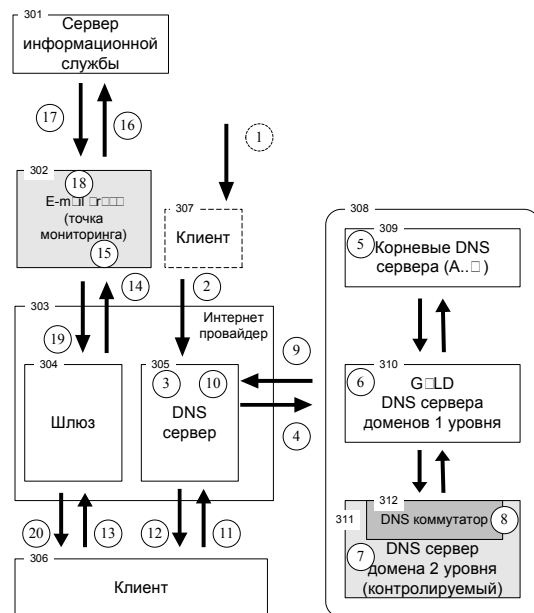


Рисунок 2 – Структурная схема, реализующая мониторинг обмена электронными сообщениями

Сущность реализации предлагаемой системы заключается в следующем: Точка мониторинга будет являться "прозрачной" для почтовых клиента и сервера, что будет достигаться с помощью преобразования сетевых адресов (NAT-Network Address Translation). То есть при обращении к серверу клиент будет отправлять запрос на точку мониторинга, на которой будет происходить контроль передаваемого трафика и отправка трафика дальше на сервер. При этом там же будет обеспечиваться подмена сетевых адресов и портов, для того чтобы точка оставалась прозрачной и для клиента, и для сервера и могла функционировать в сетях любой сложности.

Таким образом, возникает возможность осуществления контроля сетевого взаимодействия клиента и заданных информационных служб вне зависимости от их расположения и топологии компьютерной сети. Кроме этого появляется возможность мониторинга и контроля сетевого взаимодействия клиента и за-



данных информационных служб как на этапе установления сеанса соединения, так и на этапе информационного обмена, что позволяет обеспечить фильтрацию трафика на наличие сведений конфиденциального характера и сведений, составляющих государственную тайну, предотвращение несанкционированного доступа к информации.

Особенностями предлагаемой системы являются:

1. Реализация доступа к информационному обмену удаленных пользователей и удаленных информационных ресурсов.
2. Возможность получения доступа и мониторинг трафика удаленных пользователей и информационных ресурсов, использующих SSL/TLS (работающих по протоколу HTTPS).
3. "Прозрачный" режим работы точки мониторинга.
4. Отсутствие нарушений в режиме функционирования и структуре распределенной инфокоммуникационной сети (ИТКС провайдера, программно-аппаратная среда провайдера и пользователя, программно-аппаратная среда серверов информационных ресурсов).
5. Независимость от расположения пользователей и информационных ресурсов.

### Литература

1. InfoWatch Исследование утечек информации за первое полугодие 2015 года // InfoWatch: Аналитика [Электронный ресурс] : сайт. – Электрон. дан. – 2003–2015. – Режим доступа: <http://www.infowatch.ru/analytics/reports/16340>. – Дата обращения: 07.10.2015.
2. ГОСТ Р 51275–2006. Защита информации. Объект информатизации. Факторы, воздействующие на информацию. Общие положения. – Введ. 2006.12.27. – Москва : Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2007. – 8 с. – (Национальный стандарт Российской Федерации).
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-1 Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Часть 1. Введение и общая модель. – Москва. – 47 с. – (Государственный стандарт Российской Федерации).

И.В. Лёзина, Н.А. Николаева

### ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МНОГОСЛОЙНЫМ ПЕРСЕПТРОНОМ

(Самарский национальный исследовательский университет имени академика  
С.П. Королёва)

Идентификация законов распределения является распространенной задачей, решение которой может быть применено в различных областях приборостроения для оценки брака на производстве, для анализа экономических процессов, для расчетов времени обслуживания заявок, для создания методик об-



работки данных, при построении имитационных моделей сложных систем [1]. Решение задачи идентификации является одним из вариантов применения нейронных сетей. В данной работе рассматривается идентификация законов распределения многослойным персептроном, обучаемым методом обратного распространения ошибки [2] и методом QuiqProp [3].

Для решения задачи был выбран многослойный персептрон с одним скрытым слоем. Многослойный персептрон широко используется для поиска закономерностей и классификации образов. Цель обучения сети состоит в подборе таких значений весов, чтобы при заданном законе распределения на выходе получить значения сигналов, которые будут совпадать с ожидаемыми значениями. Входными данными для нейронов сети послужили значения высот столбцов гистограммы [4].

Для обучения многослойного персептрона использовались следующие методы. Метод обратного распространения ошибки – итеративный градиентный алгоритм, который используется с целью минимизации ошибки работы многослойного персептрона и получения желаемого выхода. Его минусом является неопределённо долгий процесс обучения. В данной работе также рассматривается метод быстрого распространения QuiqProp. QuiqProp – один из эвристических методов, являющийся модификацией метода обратного распространения ошибки и ускоряющий процесс обучения.

Была разработана автоматизированная система идентификации законов распределения, проведен ряд исследований работы данной системы, произведено сравнение производительности методов обучения многослойного персептрона. Интерфейс системы представлена на рисунке 1.

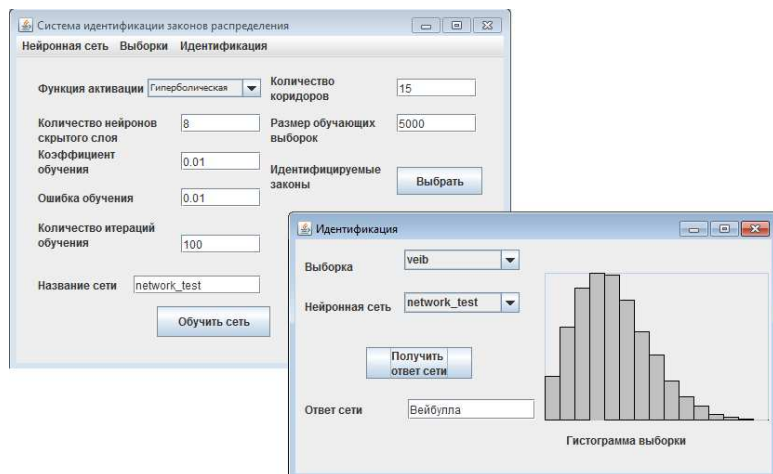


Рисунок 1 – Интерфейс системы

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод о хороших идентификационных возможностях многослойного персептрона. Про-



цент распознанных законов при различных параметрах сети находится в диапазоне 75-95%. Для сети с 12 нейронами в скрытом слое, обученной методом обратного распространения ошибки, процент распознанных законов распределения равен 95%. Для сети, обученной методом QuiqProp процент распознанных законов - 93%. Количество итераций обучения меньше у сети, обученной методом QuiqProp - 34 итерации против 75 по сравнению с сетью, обученной методом обратного распространения ошибки.

### Литература

1. Проблемы идентификации моделей распределения случайных величин с применением современного программного обеспечения [Электронный ресурс] // [http://www.rae.ru/use/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=7981699](http://www.rae.ru/use/?section=content&op=show_article&article_id=7981699)
2. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст]: учеб. - справоч., пособие / С.Осовский -М.: Издательский дом «Финансы и статистика», 2002. - 51 с.
3. Эвристические алгоритмы обучения многослойного персептрона [Электронный ресурс] // [http://ai-news.ru/2015/07/evristicheskie\\_algoritmy\\_obucheniya\\_mnogoslojnogo\\_perseptrona\\_343719.html](http://ai-news.ru/2015/07/evristicheskie_algoritmy_obucheniya_mnogoslojnogo_perseptrona_343719.html)
4. Лёзина, И.В. Автоматизированная система идентификации законов распределения многослойным персептроном [Текст]/И.В. Лёзина, Н.А. Николаева//Наука и образование в жизни современного общества, том 5: сб. научных трудов по материалам международной научно-практической конференции 30 апреля 2015 г - 2015. - С. 77-78.

Н.И. Лиманова, М.Н. Седов

### ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ НЕЧЕТКОГО ПОИСКА ОБЪЕКТОВ В БАЗАХ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ МЕТРИКИ ЛЕВЕНШТЕЙНА

(Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)

### Введение

В процессе межведомственного информационного обмена возникает проблема согласования основных реквизитов (ФИО, даты рождения, адреса, паспортных данных и т.п.) физических лиц в базах данных различных ведомств, обменивающихся информацией. Проблема нечеткого поиска персональной информации в базах данных приобретает наибольшую актуальность для физических лиц, у которых частично или полностью не совпадают реквизиты.

Для удобства обработки данных каждому набору реквизитов в базах данных присваивается так называемый персональный идентификационный номер (ПИН). В случае обработки или передачи данных о физическом лице вся привязка осуществляется именно к этому ПИНу. В России, к сожалению, пока нет



единой базы с реквизитами всех жителей, поэтому в разных ведомствах ведется свой отдельный реестр физических лиц и заводятся свои ПИНЫ. Проблема возникает при осуществлении обмена информацией о жителях между организациями, так как необходимо выполнить привязку входящих реквизитов к уже имеющимся. Для однозначной привязки необходимо выполнить интеллектуальный поиск физического лица в базе-приемнике, который должен учитывать множество факторов: и потенциальные ошибки при ручном вводе, и отсутствующие или устаревшие реквизиты, и т.п. Естественно предположить, что подобный поиск целесообразно реализовать в виде специализированного программного обеспечения [1].

Традиционно данная проблема решается путем анализа тождественности основных реквизитов физического лица. Таких реквизитов несколько: фамилия, имя, отчество, дата рождения, серия, номер паспорта и адрес. Однозначно определив совпадение существующих и новых реквизитов с помощью нечеткого поиска, можно выполнить идентификацию физического лица в базе данных. Данный метод поиска выполняется вручную только в том случае, когда объем передаваемой информации невелик (количество физических лиц не более 30). При больших объемах передаваемых данных используется автоматизированное сравнение тождественности реквизитов. Такой подход позволяет определить в среднем 50–60% от общего числа идентифицируемых физических лиц. Оставшиеся 40–50% представляют собой персональные данные, в которых частично или полностью не совпадают реквизиты. Такую информацию вручную обрабатывать еще сложнее.

Неверные результаты нечеткого поиска могут привести также к большому количеству данных в отчете для ручной отработки, к присвоению ПИНа не тому человеку и к добавлению излишних данных. Последствия таких ошибок в худшем случае могут полностью парализовать работу учреждения на неопределенное время, в лучшем – отнять более 10% рабочего времени специалистов на исправление ошибок. Так как большинство реквизитов физических лиц имеет строковый тип, то естественно предположить, что необходимый метод должен анализировать именно строковые значения.

### Математическая модель

Известно несколько видов метрик, отражающих интуитивное понятие схожести строк. Наиболее распространены расстояния Хемминга, метрика Левенштейна и расстояние редактирования [2–4].

Для использования метрики Левенштейна для задач нечеткого поиска потребовалось модифицировать метрику таким образом, чтобы расстояние между строками зависело, в том числе, и от длины сравниваемых строк [3].

Теорема 1: Обозначим при помощи величины  $p(s_1, s_2)$  метрику Левенштейна, а величиной  $\|s_i\|$  – длину строки  $s_i$ . Тогда функция

$$r(s_1, s_2) = \frac{p(s_1, s_2)}{\max\{\|s_1\|, \|s_2\|\}} \quad (1)$$

является метрикой.



Доказательство: поскольку  $p(s_1, s_2)$  – метрика, то имеем:

$$p(s_1, s_2) \geq 0, \quad p(s_1, s_2) = p(s_2, s_1), \quad p(s_1, s_2) + p(s_2, s_3) \geq p(s_1, s_3)$$

для любых строк  $s_1, s_2$  и  $s_3$ . Учитывая эти соотношения и равенство (1), приходим к выводу, что  $r(s_1, s_2)$  удовлетворяет первым двум аксиомам, определяющим метрику. Остается доказать, что для любых строк  $s_1, s_2$  и  $s_3$  функция  $r(s_1, s_2)$  удовлетворяет неравенству треугольника:  $r(s_1, s_2) + r(s_2, s_3) \geq r(s_1, s_3)$ .

Запишем это неравенство в виде:

$$\frac{p(s_1, s_2)}{\max\{\|s_1\|, \|s_2\|\}} + \frac{p(s_2, s_3)}{\max\{\|s_2\|, \|s_3\|\}} - \frac{p(s_1, s_3)}{\max\{\|s_1\|, \|s_3\|\}} \geq 0.$$

Возможны следующие случаи:

1.  $\|s_1\| \leq \|s_2\| \leq \|s_3\|$  2.  $\|s_2\| \leq \|s_3\| \leq \|s_1\|$  3.  $\|s_3\| \leq \|s_1\| \leq \|s_2\|$  4.  $\|s_2\| \leq \|s_1\| \leq \|s_3\|$
5.  $\|s_1\| \leq \|s_3\| \leq \|s_2\|$  6.  $\|s_3\| \leq \|s_2\| \leq \|s_1\|$

Рассмотрим первый случай. Имеем:

$$\begin{aligned} \frac{p(s_1, s_2)}{\max\{\|s_1\|, \|s_2\|\}} + \frac{p(s_2, s_3)}{\max\{\|s_2\|, \|s_3\|\}} - \frac{p(s_1, s_3)}{\max\{\|s_1\|, \|s_3\|\}} &= \frac{p(s_1, s_2)}{\|s_2\|} + \frac{p(s_2, s_3)}{\|s_3\|} - \frac{p(s_1, s_3)}{\|s_3\|} \geq \\ &\geq \frac{1}{\|s_3\|} (p(s_1, s_2) + p(s_2, s_3) - p(s_1, s_3)) \geq 0. \end{aligned}$$

Таким образом, для первого случая неравенство треугольника выполняется. Поскольку второй случай аналогичен первому, на основании подобных выкладок делаем вывод, что для второго случая неравенство треугольника также выполняется.

Перейдем к рассмотрению третьего случая. Итак, в третьем случае имеем:

$$r(s_1, s_2) + r(s_2, s_3) - r(s_1, s_3) = \frac{1}{\|s_2\|} (r(s_1, s_2) + r(s_2, s_3)) - \frac{1}{\|s_1\|} r(s_1, s_3). \quad (2)$$

Следовательно, в третьем случае для функции  $r(s_1, s_3)$  также выполняется неравенство треугольника. Остальные случаи аналогичны рассмотренным выше. Таким образом, функция  $r(s_1, s_2)$  является метрикой, заданной на множестве строк. Теорема доказана.

Замечание: функция  $r(s_1, s_2)$  принадлежит отрезку  $[0, 1]$  для любых строк  $s_1$  и  $s_2$ .

В предложенном алгоритме данная метрика применяется для работы со строковыми реквизитами физических лиц, к которым относятся ФИО, адрес, документ и т.д. В связи с этим построенная с использованием данной метрики лингвистическая переменная позволяет обрабатывать запросы поиска для человека, похожего на другого человека по реквизитам. Приняв от пользователя такой запрос, мы фактически получаем два значения: значение искомого реквизита и радиус поиска.

### Алгоритм нечеткого поиска

В реализации алгоритма на языке PL-SQL СУБД Oracle 11g за предварительную выборку всех записей, отдаленно похожих на искомую,





отвечает блок «Запрос количества идентичных людей в базе данных». Этот блок работает по алгоритму прямого частичного сравнения разных наборов реквизитов, например, имени, отчества и даты рождения, формируя тем самым рабочий набор данных для рассматриваемого алгоритма нечеткого поиска. Затем в работу вступает «Блок сравнения реквизитов», ключевые функции которого отводятся логически выделенным процедурам COMPARISON\_STRING и COMPARISON\_NUMBER, созданным на основе модифицированного метода вычисления метрики Левенштейна, которые позволяют проводить интеллектуальное сравнение двух похожих строк или чисел с учетом возможных неточностей или ошибок ввода. С помощью указанных процедур программа формирует набор совпадений, и по результатам обработки предлагаемой и искомой записей выносит решение об идентичности строк. Например, у человека совпадают имя, отчество, дата рождения и номер паспорта, а в фамилии допущена ошибка в одну букву. В данном случае программа однозначно идентифицирует реквизиты. Данные процедуры могут применяться не только для нечеткого поиска реквизитов, но также везде, где требуется полнотекстовый поиск с нечетко заданными входными данными.

Алгоритм нечеткого поиска аккумулирует так называемый «опыт прошлых идентификаций» и записывает его в специально отведенное место в базе данных для использования в последующих идентификациях. Это позволяет сохранить не только результаты автоматической работы программы, но и решения операторов после обработки ими оставшихся не найденных реквизитов.

### Заключение

Рассмотренный метод нечеткого поиска персональных данных на основе модифицированной метрики Левенштейна, позволяет быстро определять людей, используя данные ранее проведенного поиска. Встроенная система приоритета реквизитов позволяет идентифицировать человека в таких случаях, как смена фамилии, имени, переезд, ошибки при ручном вводе данных, а также при частично отсутствующих реквизитах.

Рассмотренную в работе процедуру нечеткого поиска можно рассматривать как часть системы поддержки принятия решений. Процедура не требует вмешательства оператора, накапливает опыт в процессе работы, позволяя тем самым полностью освободить специалистов от низкопрофильной, неэффективной ручной работы напрямую с наборами реквизитов физических лиц, хранящихся в базах данных.

В перспективе данный алгоритм может быть успешно внедрен в системы глобального объединения хранилищ государственных или коммерческих организаций для ведения единой базы данных населения любой страны мира. Логическая структура разработанного алгоритма позволяет реализовать его на любом популярном языке программирования. Масштабируемость алгоритма позволяет применять программные процедуры на его основе, как в малых организациях, так и в крупных корпорациях, везде, где ведется и актуализируется реестр данных физических лиц. Возможные примеры использования: портал го-



суслуг, медицинские электронные системы, кадровые и бухгалтерские системы учета служащих, банковские системы хранения данных о клиентах и т.п.

Алгоритм реализован на языке PL-SQL системы управления базами данных Oracle 11g. Разработанное программное обеспечение, реализующее метод автоматизированного поиска персональных данных на основе нечеткого сравнения, внедрено и успешно функционирует с 2007 года в муниципальном учреждении «Городской информационный центр» г. Тольятти Самарской области.

### Литература

1. Международный фонд автоматической идентификации. Технологии автоматической идентификации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fond-ai.ru/art1/art223.html>, свободный. Яз. рус. (дата обращения 16.06.2012).
2. Хемминг Р.В. Теория кодирования и теория информации: Пер. с англ. / Под ред. Б.С. Цыбакова. – М.: Радио и связь, 1985. – 176 с.
3. Левенштейн В.И. Двоичные коды с исправлением выпадений, вставок и замещений символов // Доклады Академии наук СССР. – 1965. – Т. 163. – № 4. – С. 845–848.
4. Бойцов Л.М. Анализ строк [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://itman.narod.ru/articles/infoscope/string\\_search.1-3.html](http://itman.narod.ru/articles/infoscope/string_search.1-3.html), свободный. Яз. рус. (дата обращения 16.06.2012).

А.А. Литвинов, М.В. Акинин

### ОПЕРАТИВНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ МЕСТНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАШИН ОПОРНЫХ ВЕКТОРОВ

(Рязанский государственный радиотехнический университет)

Одной из наиболее популярных методологий машинного обучения по прецедентам является построение машины опорных векторов, известной в англоязычной литературе под названием SVM (Support Vector Machine). Этот тип методов статистического оценивания функций (или новый вид обучаемых машин) был предложен в середине 1990-х гг. Основы подхода заложены в работах В. Н. Ванныка по статистической теории обучения. SVM-алгоритмы приобрели популярность благодаря многим привлекательным свойствам и перспективным практическим приложениям (в биоинформатике — при обработке информации огромных объемов; в области экономики и бизнеса — для прогнозирования временных рядов, оценивания кредитоспособности, а также в сфере финансовой безопасности). SVM-подход к задаче восстановления регрессии преодолевает "проклятие размерности". Источником повышения эффективности SVM-алгоритмов являются оптимальные схемы распределения памяти и эффективные вычислительные процедуры.



Метод опорных векторов — набор схожих алгоритмов обучения с учителем, использующихся для задач классификации и регрессионного анализа. Принадлежит к семейству линейных классификаторов, может также рассматриваться как специальный случай регуляризации по Тихонову. Особым свойством метода опорных векторов является непрерывное уменьшение эмпирической ошибки классификации и увеличение зазора, поэтому метод также известен как метод классификатора с максимальным зазором.

Основная идея метода — перевод исходных векторов в пространство более высокой размерности и поиск разделяющей гиперплоскости с максимальным зазором в этом пространстве. Две параллельных гиперплоскости строятся по обеим сторонам гиперплоскости, разделяющей наши классы. Разделяющей гиперплоскостью будет гиперплоскость, максимизирующая расстояние до двух параллельных гиперплоскостей. Алгоритм работает в предположении, что чем больше разница или расстояние между этими параллельными гиперплоскостями, тем меньше будет средняя ошибка классификатора.

Разделяющая гиперплоскость — это гиперплоскость, которая отделяет группу объектов, имеющих различную классовую принадлежность.

Для построения оптимальной гиперплоскости, SVM прибегает к итерационному алгоритму обучения, использующемуся для минимизации функции ошибок.

SVM применяется в таких задачах как задача о понятие оптимальной разделяющей гиперплоскости, линейно разделяемая выборка, линейно неразделяемая выборка, ядра и спрямляющие пространства, алгоритмы настройки.

Так же существует ряд ядер, которые могут быть использованы в моделях метода опорных векторов. Они включают в себя линейные, полиномиальные, радиальные базисные функции (RBF) и сигмовидные.

SVM, прежде всего, отличный метод, который решает задачи классификации с помощью построения гиперплоскостей в многомерном пространстве. SVM поддерживает как регрессионный анализ, так и задачи классификации, и может работать с несколькими непрерывными и категориальными переменными.

Наиболее развитая и популярная реализация SVM на C++. Существуют адаптированы библиотеки для большинства выборок, включены стандартные ядерные функции, допускается использование предварительно вычисленных матриц ядерных функций, линейная классификация и регрессия.

Целью данного исследования является разработка метода обучения распознаванию образов, максимально близкого к классическому методу опорных векторов (SVM), но использующего только некоторую метрику, заданную на множестве объектов распознавания, которое может быть конечным или бесконечным. Предполагается, что метрика удовлетворяет требованиям, отличающим класс так называемых евклидовых метрик. Всякая такая метрика погружает исходное множество объектов в некоторое, вообще говоря, большее метрическое пространство мощности континуума. Выбор произвольного элемента как нулевого превращает это метрическое пространство в линейное простран-



ство со специфическим скалярным произведением, но с исходной евклидовой метрикой.

SVM могут быть применены в качестве классификатора для выполнения картографирования местности с применением беспилотного летательного аппарата вертолетного типа. В ходе исследований было проведено несколько полётных сессий над Ореховым озером (Рязанская область, г. Рязань), в ходе которых были сняты следующие характерные сцены:

- плоская поверхность;
- почти плоская поверхность с иррегулярными небольшими перепадами высот (кочки, канавы, ямы);
- почти плоская поверхность с произрастающей на ней травой;
- технический колодец;
- насыпь (резкий уклон);
- водный объект;
- линии электропередач.

Результаты данной сессии полётов были использованы для проведения экспериментальных исследований метода оперативного картографирования на базе SVM.

По результатам экспериментальных исследований разработанный метод картографирования показал высокую точность (в среднем — смещение до 2-х метров относительно действительного положения объектов, время обработки данных — не более 1,35 секунд на кадр).

А.И. Лян, А.В. Куприянов

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ СТАТИСТИЧЕСКОГО ТЕКСТУРНОГО АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва. г. Самара)

Гистограмма изображения представляет распределение интенсивности отдельно взятых пикселей изображения [1]. С ее помощью можно получить необходимую информацию об изображении. Двумерная гистограмма представляет собой распределение интенсивности пар пикселей (пикселя и его соседа по выбранному направлению - например, горизонтали). Соответственно, трехмерная гистограмма представляет собой распределение интенсивности троек пикселей (сосед выбирается по обоим направлениям).

Трехмерная гистограмма необходима для расчетов различных статистических текстурных признаков, которые в свою очередь необходимы для решения задачи классификации текстур. В общем случае, статистические признаки характеризуют вероятностное распределение уровней яркости изображения [2].

Сложность расчета трехмерной гистограммы заключается в большом объеме решаемой задачи, поскольку необходимо обработать большие объемы



данных - а именно, число таких троек будет равно квадрату общего числа пикселей изображения. Имея даже изображение 10x10, нам потребуется обработать 10000 троек. Сложность задачи растет быстро - как квадрат площади изображения.

В качестве решения данной проблемы можно предложить распределенную обработку изображения на кластере при помощи технологии MapReduce. Кластер это группа компьютеров, объединенных в общую сеть при помощи линий связи. Это могут быть как быстрые Infiniband, так и более медленные Ethernet.

MapReduce это подход к обработке данных, сформированный компанией Google. Ее принцип заключается в том, чтобы разделить все операции с данными на два этапа: map и reduce. На map шаге рабочие узлы получают задание и головного на предварительную обработку данных. На reduce шаге рабочие ноды осуществляют свертку результатов обработки после map шага. После выполнения этого шага, головной узел получает итоговый результат.

В качестве фреймворка для разработки можно выбрать Apache Hadoop [3]. Он создавался с учетом этой модели и позволяет создать надежную систему на большом числе узлов (вплоть до тысяч и сотен тысяч), и единственным ограничением является объем памяти головного узла, которая хранит метаданные. Кроме того, он достаточно прост в разработке и отладке.

В качестве файловой системы используется распределенная HDFS [4], оптимизированная для однократной записи и многократного считывания. Файл хранится в виде набора реплицируемых (для отказоустойчивости) блоков. Hadoop предоставляет API и консольную программу для работы с данной файловой системой.

Hadoop реализован на языке программирования Java и имеет свою реализацию MapReduce. Поэтому для определения своих операций map и reduce необходимо реализовать определенные классы - Mapper и Reducer. Это интерфейсы, которые имеют методы map и reduce соответственно. Для обмена данными используется класс Context.

На рисунке 1 приведен результат расчета гистограммы при помощи указанной технологии. Она является результатом суммирования трехмерной гистограммы по двум координатам.

Достоинством данного подхода является масштабируемость. На кластере можно за короткое время обрабатывать как крупные изображения, так и множество небольших. При недостатке производительности достаточно добавить одну или несколько новых нод. Еще один плюс - относительная дешевизна, поскольку как правило новое оборудование стоит дешевле дополнительных человеко-часов, которые необходимо затратить на улучшение существующего ПО.

У данного метода есть недостатки. Очевидно, что с учетом накладных коммуникационных расходов между отдельными нодами в кластере. Это приводит к тому, что вычисление при помощи других технологий на одной ЭВМ (например, с помощью CUDA) оказывается более эффективным.

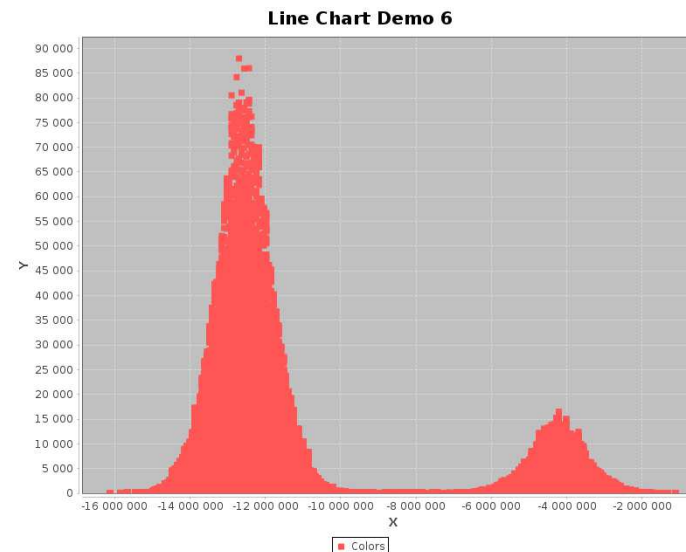


Рисунок 1 – Гистограмма изображения

### Литература

1. Zone System & Histograms [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.illustratedphotography.net/basic-photography/zone-system-histograms>
2. Куприянов, А.В. Анализ текстур и определение типа кристаллической решетки на наномасштабных изображениях [Текст] / А.В. Куприянов // Компьютерная оптика - 2011. - Т. 35.-2.-С.145-152.
3. Apache Hadoop 2.7.2 [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://hadoop.apache.org/docs/current/hadoop-project-dist/hadoop-common/FileSystemShell.html>
4. HDFS Architecture Guide [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://hadoop.apache.org/docs/r1.2.1/hdfs\\_design.html](https://hadoop.apache.org/docs/r1.2.1/hdfs_design.html)

Д.О. Маркин, А.С. Галкин, П.А. Архипов

### ПОСТРОЕНИЕ АНОНИМНОЙ СЕТИ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЕБ-ПРОКСИ

(Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации)

Существующие современные условия удаленного доступа к информационным ресурсам позволяют говорить о том, что простое обращение к информационному сервису оставляет значительное количество "следов" такого обращения в информационных log-файлах провайдеров услуг связи, промежуточных узлов на пути следования данных, а также программном обеспечении и удален-



ных базах данных разработчиков программного обеспечения, которое использует пользователь. Такое положение дел свидетельствует об установлении негласного тотального наблюдения за пользователями глобальной сети, что в ряде случаев является недопустимым и, в том числе, прямым нарушением права человека на тайну связи, являющемся неотъемлемым правом личности, признанном на международном уровне.

Одним из решений данной проблемы является использование анонимных сетей, представляющих собой компьютерные сети, построенные поверх глобальной сети, в основе которых лежит распределенный характер ее узлов, а также многоуровневая криптографическая защита адресной информации.

### **Построение анонимных сетей на базе веб-прокси**

Основой для построения анонимных сетей являются прокси-сервера. Отдельной категорией прокси-серверов выделяют *веб-прокси*, представляющее собой веб-приложение (например, на базе Perl, Python или PHP-скрипта), установленное на веб-сервере.

Использование веб-прокси в отличие от классических программно-аппаратных платформ имеет ряд преимуществ:

- может быть использована арендованная или бесплатная программно-аппаратная платформа, не требующая существенных материальных и временных затрат для развертывания;
- установка и настройка программного обеспечения веб-прокси не требует глубоких специальных знаний и позволяет в сжатые сроки получить работоспособный прокси-сервер;
- существует большое количество доступных программно-аппаратных платформ – хостингов, которые могут быть использованы в качестве веб-прокси за сравнительно низкую плату или вовсе бесплатно.

Совокупность данных факторов предопределяет высокую доступность технологии веб-прокси, а современные технические возможности веб-серверов и серверных расширений, позволяющих обрабатывать Perl, Python, PHP и другие скрипты, предоставляют широкие возможности для разработчиков.

Построение анонимных сетей на базе веб-прокси является достаточно тривиальной задачей, однако не получила широкого распространения в связи с рядом проблем, связанных с ограниченной функциональностью веб-серверов. К таким проблемам относятся:

- внесение адреса веб-сервера, на котором функционирует веб-прокси в список запрещенных, и, соответственно, блокирование доступа к нему на уровне сети;
- низкая скорость соединения между веб-прокси и удаленными ресурсами (другими веб-прокси);
- наличие скриптов в коде удаленного информационного ресурса, которые исполняются на клиентской стороне и должны в "прозрачном" режиме передаваться через веб-прокси.



Данные ограничения в той или иной степени являются устранимыми, однако в то же время снижают привлекательность веб-прокси для массового использования.

Веб-прокси выступающий в качестве посредника между пользователем и информационными ресурсами глобальной сети позволяет частично решить задачу анонимного доступа к ресурсам или обойти ограничения локальной сети пользователя, однако он достаточно уязвим к обнаружению и блокированию как со стороны администраторов локальной сети пользователя, так и со стороны ресурсов глобальной сети.

В случае построения анонимной сети на базе веб-прокси повышается вероятность сохранения конфиденциальности доступа, а также вероятность раскрытия ее параметров

### **Технологии луковой и чесночной маршрутизации при построении анонимных сетей**

Для решения задачи построения анонимной сети необходима реализация технологии анонимного обмена данными через компьютерные сети, например, технология луковой маршрутизации [1], реализованная в анонимной сети Tor [2]. Сущность луковой маршрутизации заключается в том, что каждый маршрутизатор анонимной сети удаляет слой шифрования, чтобы открыть трассировочные инструкции и отослать сообщения на следующий маршрутизатор, где все повторяется. Таким образом, промежуточные узлы не знают источник, пункт назначения и содержание сообщения.

Для функционирования сети луковой маршрутизации необходима организация системы распределения криптографических ключей и, соответственно, наличие третьей доверенной стороны. Ее функции может выполнять центр сертификации, которому "доверяют" узлы анонимной сети.

При необходимости технология луковой маршрутизации может быть усилена за счет дробления пакетов и передачи их разными маршрутами. Такая технология была реализована в анонимной сети I2P [3] и является одним из расширения сети Tor.

Чесночная технология, используя многослойное шифрование, позволяет единственному сообщению (так называемому "чесноку") содержать в себе множество "зубчиков" – полностью сформированных сообщений рядом с инструкциями для их доставки. Один "чеснок" в момент его формирования перед отправкой закладываются множество "зубчиков", являющихся зашифрованными сообщениями как нашего узла, так и чужими – транзитными. Является ли тот или иной "зубчик" в "чесноке" нашим сообщением или это чужое транзитное сообщение, которое просто проходит через нас, знает только тот, кто создал "чеснок", никто иной узнать эту информацию не может. Чесночная технология применяется тогда, когда нужно отправить зашифрованное сообщение через промежуточные узлы, у которых не должно быть доступа к этой информации.



### Применение концепции активных данных и технологий терминальных программ при построении анонимной сети на базе веб-прокси

Технологии луковой и чесночной маршрутизации по созданию анонимной сети как системы защиты от раскрытия источника данных, как и любое средство защиты, обладают рядом слабых мест, поэтому продолжают совершенствоваться. Одним из направлений совершенствования таких механизмов защиты является использования концепции активных данных и так называемых терминальных программ, описанных в [4]. Активные данные, одновременно являясь терминальными программами, способны настраивать программно-определяемое оборудование, требуемое для их распространения, и могут управлять процессом своего распространения в коммуникационной среде.

Технологии веб-прокси являются подходящим инструментом, не требующим разработки дополнительных механизмов реализации концепции терминальных программ. Иными словами, при передаче данных по анонимной сети на базе веб-прокси в качестве полезной нагрузки в данных приложения HTTP могут быть заложены инструкции в виде скрипта. Такой скрипт, попав на *i*-й удаленный узел – веб-прокси, после его исполнения может решать ряд задач, позволяющих существенно усилить защищенность анонимной сети, например:

- сгенерировать новый маршрут следования передаваемых данных;
- сгенерировать новый исполняемый скрипт с необходимыми функциями;
- выполнить запрос к удаленному узлу(ам) или осуществить информационный обмен со сменой протокола доступа (например, по протоколу Telnet, SSH и др.).

Принципы самомаршрутизации на основе концепции активных данных рассмотрены в работе [4]. Для реализации функций самомаршрутизации (функции, при которой пакет, попав на промежуточный узел сети, принимает решение о маршруте своего дальнейшего перемещения на основе текущих данных об инфокоммуникационном окружении) [4] должен предоставляться список "ближних соседей" – устройств, с которыми соединение уже установлено или может быть установлено непосредственно. Такой список может формироваться и обновляться в реальном времени за счет функции мониторинга коммуникационного ресурса (обеспечения осведомленности [5] о происходящих изменениях в инфокоммуникационной среде).

Таким образом, при решении задачи построения анонимной сети на базе веб-прокси может использоваться комплекс подходов, таких как луковая и чесночная маршрутизация, шифрование вложенных данных уровня приложений, исполнение вложенных данных на промежуточных узлах при реализации функций самомаршрутизации, что позволит обеспечить необходимую конфиденциальность и скрытность источника запроса. Однако в то же время необходимо решить ряд проблем, связанных с особенностями использования технологий веб-прокси, связанных в первую очередь с ограничениями, накладываемыми веб-сервером на выполнение скриптов, а также с устойчивостью соединения,



которое может включать несколько промежуточных узлов. Кроме того, существенным фактором является защищенность от раскрытия параметров такой сети и надежность установленного удаленного соединения.

### Литература

1. Michael G. Reed, Paul F. Syverson, David M. Goldschlag Patent US6266704 B1 USA H04L 29/06 (20060101); H04L 12/56 (20060101); G06F 015/173 (); G06F 001/24 (). Onion routing network for securely moving data through communication networks / Michael G. Reed, Paul F. Syverson, David M. Goldschlag ; assignee The United States Of America As Represented By The Secretary Of The Navy. – № US 09/086,541 ; filed. 29.05.1998 ; pub. 24.07.2001.
2. The Tor Project, Inc. Tor Project: Anonymity Online // The Tor Project, Inc. [Электронный ресурс] : сайт. – Электрон. дан. – 2015. – Режим доступа: <https://www.torproject.org/index.html.en>. – Дата обращения: 08.10.2015.
3. Garlic Routing Garlic Routing and "Garlic" Terminology // Garlic Routing [Электронный ресурс] : сайт. – Электрон. дан. – 2015. – Режим доступа: <https://geti2p.net/en/docs/how/garlic-routing>. – Дата обращения: 08.10.2015.
4. Кулешов С.В., Цветков О.В. Активные данные в цифровых программно-определяемых системах // Информационно-измерительные и управляющие системы № 6, 2014 г. С.12–19.
5. Разработка методологии комплексного мониторинга инфокоммуникационных ресурсов в распределенных сложноорганизованных системах // Отчет о НИР по ПФИ ОНИТ РАН № 2 Научные основы создания гетерогенных телекоммуникационных и локационных систем и их элементной базы, направление Алгоритмическое и программное обеспечение телекоммуникационных сетей, руководитель Александров В.В., № 01201360808.

Б.В. Мартемьянов

### СШИВКА ПОЛОС ИЗОБРАЖЕНИЙ С УЧЕТОМ МЕЖМАТРИЧНЫХ ГОЛОНОМНЫХ СВЯЗЕЙ

(Самарский государственный технический университет)

Современные космические аппараты, предназначенные для дистанционного зондирования Земли, формируют изображения средствами оптоэлектронных преобразователей (ОЭП), построенных на основе матриц фоточувствительных приборов с зарядовой связью (ФПЗС).

Для обеспечения достаточной ширины полосы захвата в структуре ОЭП предусматривают десятки отдельных матриц ФПЗС. Такие ОЭП будем называть многоматричными (МОЭП). Матрицы в составе МОЭП выстраиваются вдоль двух параллельных прямых так, что каждая пара смежных матриц в области их смежных сторон «перекрывается» на некоторое количество ячеек ФПЗС, порождая взаимное перекрытие «полей зрения» этих матриц. В процессе



съемки изображения маршрута каждая ФПЗС матрица порождает набор видеоданных, содержимое которого при визуализации порождает полосу изображения (далее - полосу). За счет взаимного перекрытия полей зрения смежных матриц полосы, порожденные этими матрицами, содержат вдоль своих смежных сторон изображения одних и тех же наблюдаемых объектов (рис. 1).



Рис. 1. Фрагменты смежных полос

Одна из задач первичной обработки полос изображений состоит в их сборке в единый кадр, в котором устранены повторения изображений одних и тех же фрагментов сцены. Задача решается путем наложения одной из полос на другую так, что повторяющиеся фрагменты изображений совмещаются. Такую задачу будем называть задачей «сшивки» полос.

Для реализации процедуры взаимного совмещения фрагментов изображений необходимо для каждой строки  $y$  изображения одной из смежных полос вычислить вектор  $\mathbf{S}(y) = (s_x, s_y)$  ее сдвига относительно второй полосы. Далее этот вектор называется «параметр сшивки». Составляющая  $s_x$  параметра сшивки определяет локальную ширину зоны взаимного перекрытия полей зрения смежных матриц ФПЗС. Такую зону будем называть «швом», а параметр  $s_x$  - локальной шириной шва.

Задача сшивки изображений осложнена тем, что изображения имеют цифровую форму представления видеосигнала: дискретизированы по пространственным координатам (пикселям, порождаемым дискретными ПЗС-ячейками в структуре матриц ФПЗС), амплитуде (результат ограниченной длины разрядной сетки для представления цифрового кода яркости пиксела) и времени (результат экспозиции изображения на матрицы ФПЗС в течение некоторого интервала времени).

Задача сшивки решается в 2 этапа:

- с субпиксельной точностью [1] вычисляются локальные параметры сшивки для некоторого подмножества строк одной из полос. Совокупность этих параметров называется далее «протоколом сшивки»;
- в соответствии с протоколом сшивки смежные полосы «сшиваются» в единое изображение.

В докладе рассматриваются только вопросы, связанные с вычислением и взаимной коррекцией протоколов сшивки для группы из нескольких следующих друг за другом полос изображений.

Предлагается методика высокоточного решения задачи вычисления протоколов сшивки полос, в существенной мере учитывающая геометрические (голономные) особенности взаимного расположения ПЗС-матриц в составе МОЭП, которая:



- за счет отсутствия поисковых процедур отличается высокой производительностью в сравнении с методиками, основанными на анализе значений взаимно корреляционных функций (ВКФ) фрагментов изображений;

- слабо чувствительна к виду ВКФ совмещаемых изображений. Как следствие, используемые в рамках методики процедуры совмещения фрагментов изображений сходятся быстро и не застревают на локальных экстремумах ВКФ, расположенных в окрестности её глобального экстремума;

- не требует информации о параметрах внешней ориентации носителя изобразительной системы (ИС), то есть, ориентирована на обработку только собственно изображений.

Объявленные качества предлагаемой методики обеспечивает используемый в ней метод функционализации параметров изображений [2-4] (далее «метод функционализации»). Важным достоинством метода функционализации является возможность получения на его основе вполне надежных критериев близости (похожести) совмещенных фрагментов изображений.

Одна из проблем сшивки состоит в необходимости доопределения (интерполяции) протокола сшивки в тех координатах, где низка достоверность вычисленных значений параметров сшивки. Причиной возможной низкой достоверности могут быть объективные свойства изображения, не позволяющие с высокой точностью совмещать фрагменты изображений. К ним относятся: малая вариация контраста изображения на фоне шума, например, на водных гладах, полях, крышах зданий, наличие облаков, а также протяженных линейных структур. Оказалось, что в данной задаче весьма продуктивно учитывать геометрические (голономные) связи между крайними ФПЗС ячейками одной и той же строки отдельной ФПЗС матрицы: увеличение ширины шва на одной стороне матрицы приводит к равному уменьшению ширины шва на ее противоположной стороне, и наоборот. В результате суммарная локальная ширина  $\Delta$  двух швов, формирующихся на противоположных сторонах ФПЗС матрицы одновременно, является константой, индивидуальной для каждой отдельной матрицы в составе ОЭП. Вследствие указанных голономных связей знание локальной ширины одного шва в данный момент времени позволяет вычислить локальную ширину соседнего шва в этот же момент времени. Это позволяет корректно доопределять содержание протокола сшивки в тех местах, где параметр сшивки не может быть вычислен непосредственно по изображению по объективным причинам.

Для использования голономных связей необходимо точное знание взаимного положения матриц ФПЗС на картинной плоскости.

На рис. 2 представлены два набора диаграмм протоколов сшивки двух соседних швов. Ось ординат задает проекции векторов сшивки на оси  $X$  и  $Y$  в пикселях. Ось абсцисс задает номера строк изображения. Диаграммы  $Y1$  и  $Y2$  отображают составляющие  $s_y$  локальных векторов  $\mathbf{S}(y)$ , а диаграммы  $X1$  и  $X2$  - составляющие  $s_x$  этих векторов.

На рис. 2а «пики», достигающие нулевых значений на диаграммах  $X1$  и  $X2$ , означают, что программа вычисления протокола сшивки оценила вычис-





ленные параметры векторов сшивки как не достаточно достоверные и вычисленные значения  $\varepsilon_x$  компонент векторов были заменены значением 0. В результате взаимной коррекции протоколов сшивки двух соседних полос (рис. 2б) на основе голономных связей все такие «пики» были заменены достоверными значениями параметров сшивки полос.

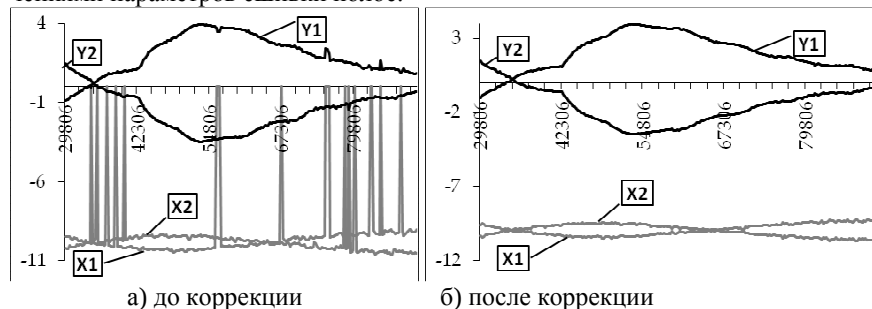


Рисунок 2 – Примеры диаграмм протокола сшивки

Диаграммы Y2 для исключения их совмещения с диаграммами Y1 отображены с изменением знака всех вычисленных значений  $\varepsilon_y$ , составляющих векторов сшивки. При этом видна одинаковая динамика изменения у составляющих векторов сшивки в соседних швах: диаграммы симметричны относительно некоторой горизонтальной прямой, проходящей через точку пересечения этих диаграмм. Причем, эта точка пересечения, в данном случае, не совпадает с осью абсцисс, что говорит о перекосе взаимного положения смежных матриц ФПЗС.

Из сравнения двух наборов диаграмм (2а и 2б) можно заметить, что после коррекции уменьшилась амплитуда высокочастотных колебаний диаграмм X1 и X2 и исчезли ложные пики на диаграммах Y1 и Y2. Причем ложные пики на Y1 совпадают с искусственными пиками на X1, означающими, что соответствующий вектор сшивки полос был отмечен как не достаточно достоверный.

### Литература

1. Мартемьянов, Б.В. Оценка качества алгоритма сшивки изображений, основанного на методе функционализации // Вестник Самар. гос. техн. ун-та. – №3(25). – Самара, 2009, с. 88-95.
2. Кузнецов, П. К. Техническое зрение подвижных объектов. Метод анализа поля скоростей динамического изображения / П. К. Кузнецов, Б. В. Мартемьянов, В. И. Семавин // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2014. № 1. С. 3 – 9.
3. Кузнецов, П. К. Техническое зрение подвижных объектов. Совмещение изображений как динамический процесс / П. К. Кузнецов, Б. В. Мартемьянов, В. И. Семавин // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2014. № 2. С. 3 – 10.



4. Кузнецов, П. К. Техническое зрение подвижных объектов. Методика совмещения изображений, полученных при наблюдении с подвижного основания / П. К. Кузнецов, Б. В. Мартемьянов, А.В. Рашупкин // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2014. № 3. С. 10 – 17.

Л.А. Мартынова

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МУЛЬТИАГЕНТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ АУТОНОМНОГО НЕОБИТАЕМОГО ПОДВОДНОГО АППАРАТА

(АО «Концерн «ЦНИИ «Электрон», г.Санкт-Петербург)

### Введение

Совершенствование автономного необитаемого подводного аппарата (АНПА) и усложнение решаемых АНПА задач [1-7] требует постоянного совершенствования системы управления (СУ) АНПА, на которую возложен весь комплекс задач, обеспечивающих выполнение миссии.

Современные АНПА представляют собой достаточно сложную систему, сопоставимую по выполняемому функционалу с обитаемыми подводными аппаратами. Однако, в отличие от обитаемых подводных аппаратов, принятие решений в СУ АНПА должно осуществляться автономно в полностью автоматическом режиме.

На рисунке 1 приведен состав типового АНПА, управление которыми обеспечивает СУ АНПА.

### АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА СУ АНПА

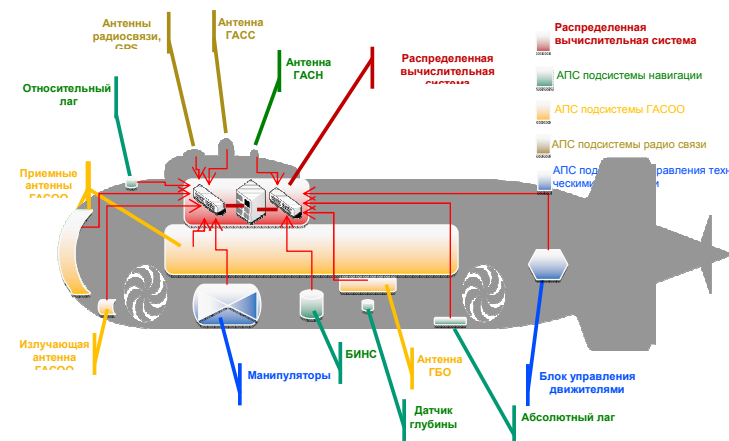


Рисунок 1 – Состав типового АНПА



По сравнению с используемыми ранее объектно-ориентированным [8,9] и компонентно-ориентированным подходами [10,11] к проектированию СУ АНПА наиболее перспективным подходом к построению СУ АНПА является мультиагентный подход [12-19]. При использовании мультиагентной технологии агентами являются подсистемы СУ АНПА, представляющие собой по своей сути рациональные компоненты, характерными признаками которых являются:

- автономность, т.е. способность действовать самостоятельно, контролируя свои действия и внутреннее состояние;
- активность, т.е. стремление достичь поставленных целей;
- реактивность, т.е. адаптивное поведение как реакция на внешние воздействия;
- социальное поведение, т.е. взаимодействие с другими агентами для достижения согласованных решений;
- способность к самообучению.

### Описание мультиагентной системы

Представление СУ АНПА как мультиагентной системы, основано на выделении в СУ подсистем, основными из которых являются (рисунок 2):

- социальная подсистема для взаимодействия с оператором или другими АНПА;
- подсистема планирования для определения способов достижения цели на высоком уровне;
- подсистема восприятия окружающей обстановки;
- подсистема поведения для обеспечения движения АНПА в сложных рельефных условиях;
- подсистема приводов (двигательно-рулевых механизмов), обеспечивающая взаимодействие АНПА с физическим миром.

Каждая подсистема СУ АНПА состоит из одного либо группы агентов (рисунок 2). Каждый агент, в свою очередь, также может состоять из группы агентов.

Например, подсистема поведения включает в себя агентов: «идти», «пройти», «восстанови», «обойти».

Агент «идти» формирует алгоритм движения к точке со стабилизацией глубины или высоты, поддерживая при этом определенную скорость. Агент «восстанови» осуществляет корректировку положения АНПА по результатам обсервации, предполагает восстановление АНПА на маршрутной траектории путем движения по кратчайшему расстоянию от собственного положения до положения маршрутной траектории [20]. Агент «обойти» формирует алгоритм обхода препятствия для предотвращения столкновения АНПА с возвышенностями и придонными объектами при их обследовании. Во время работы агент «обойти» использует данные от гидролокаторов для диагностирования препятствий и локальной карты препятствий. По результатам обработки данных алгоритм генерирует необходимые сообщения регулятору в случае их обнаружения



агентом «наблюдатель». По результатам работы алгоритма происходит обгибание обнаруженных препятствий. Агент «пройти» формирует алгоритм безопасного прохода АНПА в условиях ограниченного пространства, например, между объектами или препятствиями, находясь от всех них на безопасном расстоянии.

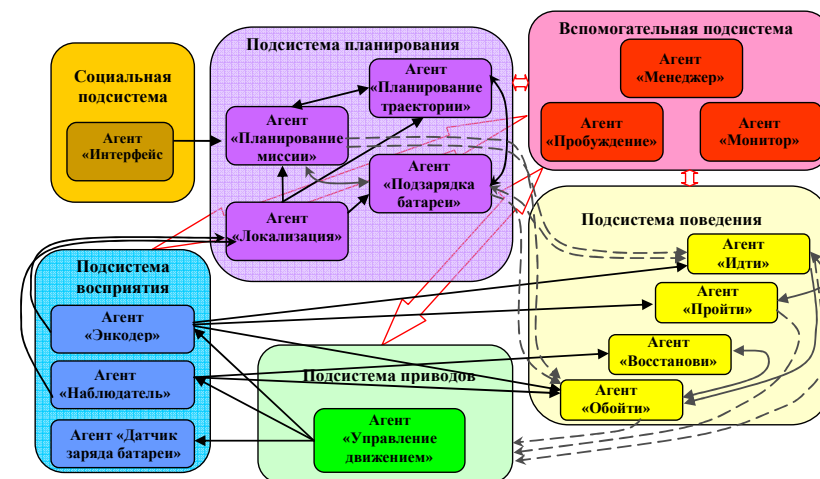


Рисунок 2 – Схема взаимодействия агентов мультиагентной СУ АНПА

В процессе выполнения миссии в зависимости от возникающей ситуации задействуется тот или иной агент. Иногда между агентами движения происходит конфликт при одновременном обращении к одним и тем же ресурсам. В этом случае в результате взаимного общения происходит выделение агента с наибольшим приоритетом, управление которого в текущий момент времени передается в подсистему приводов для обеспечения перемещения АНПА.

Предложенное использование в СУ АНПА мультиагентной технологии по сравнению с используемыми ранее объектно-ориентированным и компонентно-ориентированными подходами приводит к повышению оперативности и надежности функционирования СУ АНПА, что способствует, в свою очередь, повышению эффективности функционирования АНПА при выполнении миссии.

### Литература

1. Автономные подводные роботы. Системы и технологии / Под ред. Агеева М.Д.. – М.: Наука, 2005.
2. Илларионов Г.Ю., Сиденко К.С., Бочаров Л.Ю. Угроза из глубины: XXI век.- Хабаровск: КГУП "Хабаровская краевая типография", 2011. - 304с.
3. Белоусов И. Современные и перспективные необитаемые подводные аппараты ВМС США. – Зарубежное военное обозрение, 2013, №5, с.79-88.



4. Инзарцев А.В. и др. Применение автономного необитаемого подводного аппарата для научных исследований в Арктике. Подводные исследования и робототехника, 2007, №2(4), с.5-14.
5. Гизитдинова М.Р., Кузьмицкий М.А. Мобильные подводные роботы в современной океанографии и гидрофизике. – Фундаментальная и прикладная гидрофизика, 2010, том 3, №1, с.4-13.
6. Кузьмицкий М.А., Гизитдинова М.Р., Мобильные подводные роботы в решении задач ВМФ: современные технологии и перспективы // Фундаментальная и прикладная гидрофизика, 2011. Т. 4, № 3, с.37-48
7. Боженков Ю.А. Использование автономных необитаемых подводных аппаратов для исследования Арктики и Антарктики. – Фундаментальная и прикладная гидрофизика, 2011, том 4, №1, с.4-68.
8. Элиенс А. Принципы объектно-ориентированной разработки программ: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 496 с.
9. А.Н. Швецов Агентно-ориентированные системы: от формальных моделей к промышленным приложениям. -Электронный ресурс <http://ict.informika.ru/ft/005656/62333e1-st20.pdf>. Дата обращения 04.02.20116
10. Боровик А.И., Наумов Л.А. Компонентно-ориентированная программная платформа для автономных мобильных роботов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 3 (140). – С. 39-47.
11. Боровик А.И., Наумов Л.А. Компонентно-ориентированная система управления АНПА ММТ-2012// Известия ЮФУ. Технические науки. – 2014. – № 3 (152). – С. 102-112.
12. Городецкий В.И., Грушинский М.С., Хабалов А.В. Многоагентные системы (обзор) – Новости искусственного интеллекта, 1998, №2, с.64-116.
13. Ржевский Г.А., Скобелев П.О. Как управлять сложными системами? Мультиагентные технологии для создания интеллектуальных систем управления предприятиями. – Самара: Офорт, 2015, 290 с.
14. Innocenti B. A multi-agent architecture with distributed coordination for an autonomous robot. Ph.D. dissertation –Universitat de Girona, 2009, pp.147.
15. Giret A., Botti V. Towards an abstract recursive agent. – Integrated Computer-Aided Engineering, 11(2), 2004, p. 165-177.
16. Marik V., Flether M., Pechoucek M. Holons and agents: Recent developments and mutual impacts. – Multi-Agent-Systems and Applications II.9th ECCAI-ACAI/EASSS 2001, AEMAS 2001, HoloMAS 2001. – Lecture Notes in Computer Science, 2003, p. 233-267.
17. Fisher K., Schillo M., Siekmann J. Holonic multiagent system: A foundation for the organisation of multiagent system. – Holonic and Multi-Agent System for Manufacturing. Lecture Notes in Computer Science., 2744/2004, 2004, p. 71-80.
18. Soh L.K., Tsatsoulis C. A real-time negotiation model and a multi-agent sensor network implementation. – Autonomous Agents and Multi-Agent Systems, November, 2005, pages 215-271.
19. De Wolf T. Panel discussion on engineering self-organising emergence. 2007. SASO, 2007, 10-07-2007, MIT, Boston/Cambridge, MA, – USA,



<http://www.cs.kuleuven.be/~tomdw/presentations/SASOpanel2007.ppt>. presentation-

20. Бобков С.А., Дегтярев А.А., Орлов А.Г., Судаков Н.В. Концепция построения и варианты применения многофункциональной платформы на базе малого автономного необитаемого подводного аппарата // Приложение к журналу «Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук». – 2015. – Т.4 «Военно-морской Флот России». – С. 321-327.
21. Егоров С.А., Молчанов А.В. Обзор алгоритмов локальных контуров управления движением подводных аппаратов // наука и образование, 2011. - 8с.

Л.А. Марыкова

## ТРАНСПОРТНЫЕ СЕТИ В NGN

(Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)

С развитием технологий с коммутацией пакетов, в особенности – сетей следующего поколения NGN (Next Generation Networks) в качестве базовой технологии конвергентных сетей является Ethernet благодаря тому, что большую часть передаваемого по сетям связи трафика составляют IP – пакеты, которые передаются по сети в виде Ethernet – кадров с номенклатурой скоростей 10-100-1000-10000 Мбит/с. Номенклатура скоростей передачи существенно расширяется с учётом других используемых технологий с пакетной коммутацией. Пользовательские потоки с такими скоростями не очень эффективно укладываются в виртуальные контейнеры.

Кроме того, для пакетного трафика характерна высокая неравномерность скорости передачи. В результате использования сетей SDN для передачи пакетного трафика информационные блоки оказываются хронически недогруженными и КПД сетей резко уменьшается. Естественно, в процессе интеграции технологии SDN с сетями NGN важным условием успеха наравне с надёжностью и управляемостью является стремление к увеличению эффективности использования ресурса транспортной сети.

Для исправления ситуации МСЭ-Т разработал несколько стандартов, которые составляют так называемую технологию SDN нового поколения (NGSDN – Next Generation SDN). Эти стандарты делают технологию SDN более дружелюбной к сетям NGN. Принято считать, что система SDN относится к новому поколению, если она включает поддержку следующих компонент [1]:

1. Общая процедура разбиения на кадры (инкапсуляции) данных (GFP – General Framing Procedure), которая обеспечивает адаптацию асинхронного трафика данных на основе кадров переменной длины к байт – ориентированному трафику SDN с минимальными задержками и избыточностью заголовков (G. 7041 МСЭ-Т).



2. Виртуальная конкатенация (VCAT – Virtual Concatenation), которая обеспечивает возможность объединения на логическом уровне нескольких виртуальных контейнеров VC-12, VC-3 или VC-4 в один канал передачи данных (G.707, G.783 МСЭ-Т) [2].

3. Схема динамического изменения пропускной способности линии (LCAS – Link Capacity Adjustment Scheme), которая позволяет реализовать любые изменения пропускной способности без прекращения передачи данных (G.7042 МСЭ-Т).

Иными словами, условный стандарт NGSDH можно представить в виде формулы:  $NGSDH = GFP + VCAT + LCAS$  [3].

Общая процедура формирования кадров (GFP) представляет собой транспортный протокол, посредством которого пакетные данные транспортируются по сети с разделением каналов по времени (TDM), как SDH. При этом решаются задачи выравнивания скорости передачи данных со скоростью виртуального контейнера, а также распознавания начала кадра.

Процедура GFP поддерживает два режима работы: GFP-F (кадровый режим, Frame Mode) и GFP-T (прозрачный режим, Transparent Mode). В режиме GFP-F проблема выравнивания скоростей решается обычным способом – поступающий кадр полностью буферизируется, упаковывается в формат GFP, а затем со скоростью виртуального контейнера считывается. Режим GFP-T предназначен для чувствительного к задержкам трафика, когда кадр полностью не буферизируется, а побитно передается по мере поступления в сеть SDH, предварительно снабженный служебными полями GFP. Для выравнивания скоростей в режиме GFP – T формирующий виртуальную конкатенацию мультиплексор посылает конечному мультиплексору специальное служебное сообщение, уведомляющее об изменении состава объединенного контейнера. Эта процедура позволяет транспортировать сигналы с пакетной коммутацией при сохранении высокой эффективности использования транспортных сетей.

LCAS представляет собой эквивалент протокола сигнализации в SDH, который выполняется между двумя сетевыми элементами (NE), соединяющими пользовательские интерфейсы в сети SDH. Каждый байт H4/K4 передает управляющий пакет, состоящий из информации о виртуальной конкатенации и протоколе LCAS.

На основании данных управляющего пакета протокол LCAS определяет, какой из членов группы логически объединенных контейнеров VCG (Virtual Concatenated Group) активизирован, как они используются, и позволяет исходящему оборудованию динамически измерять количество контейнеров в группе конкатенации в ответ на производимые в реальном времени запросы по изменению скорости передачи. Эти изменения (увеличение или уменьшение) скорости передачи выполняются без какого-либо негативного воздействия на услуги. Например, компания, которая использует канал 50 Мбит/с между подразделениями в течение рабочего дня, может нуждаться в передаче информации с большой скоростью для выполнения операций резервного копирования во вне-



рабочее время. LCAS позволяет автоматически увеличить скорость передачи информации без прерывания связи.

### Литература

1. Бакланов И.Г. SDH - > NGSDH: практический взгляд на развитие транспортных сетей. – М.: Метротек, 2006.
2. Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH. – М.: Эко-Трендз, 1997.
3. Горнак А.И. Новые возможности SDH//[http://www.nstel.ru/articles/ng\\_sdh](http://www.nstel.ru/articles/ng_sdh).

А.А. Милованова

### СПОСОБЫ И ПРОБЛЕМЫ МОДИФИКАЦИИ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций  
и информатики)

Системы видеонаблюдения активно используются в частной жизни и коммерческой практике. Они позволяют осуществлять удаленный мониторинг объектов, контролировать ситуацию и усиливать имеющиеся системы безопасности. Использование таких систем распространено широко: банки, торговые помещения, склады, производство, строительство, АЗС, недвижимость, коммуникации, транспорт и другие объекты. С технической точки зрения, качество современных видеокамер, пропускная способность локальных сетевых коммуникаций, вычислительная мощность оборудования и объем систем хранения информации позволяют строить системы любых масштабов. Однако роль ограничителей начинают играть и другие факторы.

Первый – высокие требования к функциональности решения. Системы контроля с участием операторов при увеличении масштаба проекта уже не обеспечивают необходимую оперативность и надежность, подвержены влиянию «человеческого фактора», требуют существенных затрат на персонал. Второй – обеспечение высокой пропускной способности Интернет-канала для удаленного доступа. Кроме того, не стоит забывать и о росте объема хранимых данных при увеличении числа и разрешающей способности камер.

Один из универсальных способов решения этих вопросов – использование интеллектуальной видеоаналитики на самом объекте. Такой подход позволяет автоматизировать большую часть задач системы, снизить численность задействованного персонала и нагрузку на него, существенно уменьшить трафик для удаленного контроля. При этом вместо традиционного видеорегистратора для работы с IP-камерами на месте устанавливается компьютер со специализированным программным обеспечением, обеспечивающий первый (а в некоторых случаях и единственный) уровень обработки данных, поступающих с видеокамер. В рассматриваемом случае от



вычислительной системы требуется высокая производительность, энергоэффективность, масштабируемость и надежность.

Массив накапливаемой информации в сегменте «Интернета вещей» принято называть «Большими данными». Когда производятся операции с гигантскими объемами информации от различных датчиков, единственным способом их уменьшить становится «анализ на месте». Так можно выделить лишь то, что представляет ценность, и дополнительно сократить объемы входящих данных для дальнейшей обработки в дата-центрах. Подобный подход позволяет существенно снизить объемы данных и требования к каналам передачи и системам хранения, а также улучшить отзывчивость и оперативность.

Почти до конца XX века все существующие системы были ориентированы на работу оператора, который не только принимает решения, но и обязан внимательно следить за происходящим в поле зрения видеокамер. С увеличением числа видеодатчиков, число операторов таких систем растёт пропорционально. Система видеонаблюдения, соответствующая современным требованиям, обязана быть более автоматизированной. В процессе поиска система должна выбрать из всего имеющего объёма информации наиболее интересные для аналитика данные и представить их в удобном для дальнейшего анализа виде. Для удобства пользователя представление результатов должно быть интуитивно понятным, а качество результатов достаточным для работы аналитика. Такая система должна обладать интеллектуальными функциями анализа изображений, распознавания объектов и ситуаций. Широкое распространение методов распознавания объясняется тем, что для их применения требуется значительно меньшая точность описания исследуемых явлений, чем при применении других математических методов.

При тестировании точности алгоритмов видеоаналитики, как правило, всегда задают однозначный критерий, по которому можно судить о корректности работы видеоаналитики в данной ситуации. В связи с этим все чаще стало встречаться такое разделение, как гибкая и жесткая видеоаналитика. Для так называемой жесткой аналитики, критерий точности однозначен — у разных экспертов обычно не вызывает сомнения факт, что кто-то пересек сигнальную линию или, что объект является машиной или человеком. Вопрос по гибкой видеоаналитике: что считать нестандартным поведением? У разных экспертов могут быть противоположные точки зрения по этому вопросу. Как количественно тестировать такую аналитику?

Гибкую аналитику свободная энциклопедия трактует как видеосемантику. Видеосемантика отслеживает характерные черты видеоконтента в результате анализа статистических изменений, таким образом, осуществляется селекция видео-событий по их смысловому отличию. Семантика в языкознании изучает смысл единиц языка, а в видеоаналитике изучает смысл единиц видеособытий. И там, и там — это набор знаний, объединенных между собой определенными соотношениями. Можно сказать, что она не зависит от помех, потому что помехи входят в состав статистики, на которой и базируется анализ. То есть от появ-



ления и исчезновения помех, статистика не изменилась. Появилась отличающаяся от помех информация — сработка. Однако какой же объем базы данных по статистике надо в себе держать? Как минимум, требуется записать помехи за последнюю неделю и со всех камер. Записать, может быть, и можно, но делать выборку налету? Навряд ли есть такие процессорные мощности. Хотя алгоритмы индексирования такой подход и упрощают, но при этом, естественно, уменьшают точность данных.

В краткосрочном режиме, статистика все-таки, выигрывает, потому что повторяющийся характер помех именно в этот день именно при этих погодных условиях, именно при этой освещенности и при всех других факторах чаще всего будет неизменным. Но это не отменяет животных на асфальте.

Хотя и тут есть существенные преимущества. Сработка на ту же кошку будет, скорее всего, только одна — сколько бы та ни лазила в некий период времени. Просто потому, что характер рамки детекции, передвижения, цветовой гаммы и других параметров, на которых основана видеосемантика, будут мало изменяемым. То есть вместо постоянного дублирования помехи — как в жесткой видеоаналитике, произойдет только одна ложная сработка. Хотя и только в ограниченный период времени, но выигрыш все-таки можно засчитать. В общем, хотя об этом можно говорить долго, с помехами видеосемантика расправляется лучше жесткой видеоаналитики — значительно лучше, но есть ли у гибкого анализа полезная составляющая, а берет ли она нужные цели? И сокращает ли она поток лишней информации, который обрушивается на оператора, когда перед камерами то в офисе, то на улице постоянно ходят 100 человек? Оказывается, видеосемантика вообще на них не реагирует, просто не замечает. Она также основана на контрастном видеодетекторе — просто потому, что ничего другого в видеонаблюдении нет и быть не может (по крайней мере, в видимом спектре). И поэтому для нее: что люди, что помехи — один и тот же контент, никакой разницы. Ну, или почти никакой, конечно, какие-то элементы из жесткой видеоаналитики там есть тот же детектор объектов. В видеосемантике, в принципе, присутствуют алгоритмы жесткой видеоаналитики, но лишь для статистики, они входят в общий анализ статистики. Таким образом, получаем уже рабочий вариант, который выдает полезную транзакцию. Видеосемантика при этом будет:

1. Указывать оператору на начало загруженного людьми периода — появление толпы.
2. На окончание такового.
3. На отклонение траекторий, скорости и действий отдельных людей от общего потока, что теоретически может свидетельствовать об опасности.

То есть в этот период видеосемантика в какой-то степени тоже работает. Она не забивает тревогами каждую секунду оператора, а выдает только отклонения от стандартного — имеющегося в статистике — характера поведения. Так же анализируются и другие передвижения по офису. Охраннику или просмотрщику архива видеосемантика выводит только отклонения действий людей (иногда и помех — значительно меньших, чем в жесткой видеоаналитике).



Таким образом, оператор способен выявить несанкционированное поведение и даже подготовку к нему, потому как оно обычно требует нестандартных действий: движений в редко посещаемых зонах, перемещений редко используемых предметов, поднятия – опускания вещей с редко используемых мест, другие траектории, другие скорости, другие условия освещенности при тех же самых действиях. Видеосемантика, кроме того, что выигрывает в борьбе с помехами, не требует сложных настроек, как в жесткой видеоаналитике. Видеосемантика основана на статистике – а значит, на самообучении. Это особенно важно и при смещении обзора камер (от ветра), и при изменении погодных условий, сезонов зима – лето, когда помеховая обстановка в корне меняется, и все надо перенастраивать. Видеосемантика проста и неприхотлива, что делает ее практичной.

Д.Ю. Мирошников, Е.В. Симонова

## РАСПРЕДЕЛЕННОЕ МУЛЬТИАГЕНТНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ЗАЯВОК НА ВЫПОЛНЕНИЕ ЗАДАЧ В ГРУППЕ УСТРОЙСТВ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

### Введение

В области создания и использования космических аппаратов (КА) формируется новая тенденция создания орбитальных группировок, базирующихся на КА малой весовой размерности. Считается, что создание кластеров или «роя» из большого количества маломассогабаритных космических аппаратов (МКА) способно радикально изменить установившееся представление о роли и месте космических средств дистанционного зондирования (ДЗЗ) и значительно расширить нишу потребительских сервисов по сравнению с реализуемыми в настоящее время [1].

В настоящее время каждый КА в составе группировки получает задачи с наземных станций. При этом могут возникать ситуации, когда один из спутников в группировке неожиданно выходит из строя, а связь с наземными станциями отсутствует, т.е. нет возможности получить новые указания об изменении плана выполнения задач. Наделение спутников в группировке способностью самим составлять план выполнения задач позволит повысить оперативность их выполнения в подобных ситуациях.

### Постановка задачи

Пусть имеется некоторое число мобильных устройств. Каждое устройство должно иметь возможность принимать заявки на выполнение задач от внешних источников и предоставлять ресурсы, которые необходимы для выполнения задачи на каждом конкретном устройстве. Заявки на выполнение задач назначаются некоторому конкретному устройству в группе, при этом сама заявка может быть принята любым из устройств. Передача информации о поступив-



шей заявке от устройства, принявшего её, до устройства, которому она назначена, должна осуществляться, даже если эти два устройства не находятся в зоне прямой радиовидимости. Это должно достигаться за счет способности устройств передавать данные в режиме ретрансляции.

Обладая такими возможностями, устройства путем переговоров должны составить план выполнения задач. При этом в любой момент может появиться новое устройство или отключиться присутствующее в сети. Все остальные устройства должны обнаруживать подобные события и связанные с ними события появления / исчезновения доступных ресурсов и перестраивать план, адаптируясь к сложившейся ситуации.

### Mesh сети

Для достижения поставленной цели устройства в группе должны иметь возможность обмениваться информацией независимо от своего положения в пространстве. Для достижения этой цели идеально подходит технология mesh сетей, топология которых основана на децентрализованной схеме организации сети. Их отличительной особенностью является самоорганизующаяся архитектура, реализующая следующую функциональность[2]:

- создание зон сплошного информационного покрытия большой площади;
- масштабируемость сети (увеличение площади зоны покрытия и плотности информационного обеспечения) в режиме самоорганизации;
- использование беспроводных транспортных каналов (backhaul) для связи точек доступа в режиме "каждый с каждым";
- устойчивость сети к потере отдельных элементов.

Точки доступа, работающие в mesh сетях, не только предоставляют услуги абонентского доступа, но и выполняют функции маршрутизаторов/ретрансляторов для других точек доступа той же сети. Благодаря этому появляется возможность создания самоустанавливающегося и самовосстанавливающегося сегмента широкополосной сети [2].

### Используемые программно-аппаратные средства

Для построения mesh-сети использовался протокол cjdns. Существует несколько его аналогов (таблица 1), различных по своим функциональным возможностям.

Среди них наиболее обширными возможностями обладает протокол Cjdns. Он по умолчанию обеспечивает функционирование зашифрованной IPv6 сети.

В качестве устройств использовались Raspberry Pi 2. Raspberry Pi 2 представляет собой одноплатный компьютер размером с банковскую карту. Наличие широких возможностей для подключения всевозможного дополнительного оборудования, малые размеры, вес и энергопотребление, делает Raspberry Pi 2 отличным выбором для экспериментов по взаимодействию устройств.





Связь компьютеров друг с другом была организована через Wi-Fi адаптеры, настроенных на режим работы ad-hoc. В отличие от стандартного режима infrastructure, Wi-Fi адаптеры способны обмениваться данными напрямую друг с другом без участия в обмене единой точки доступа.

Таблица 1 – Сравнение Mesh протоколов

|                                | Cjdns        | B.A.T.M.A.N. | DTN      | Netsukuku | OSPF      |
|--------------------------------|--------------|--------------|----------|-----------|-----------|
| Автоназначение адреса          | Да           | Нет          | Нет      | Нет       | Нет       |
| Автоконф. Маршрутизация        | Да           | Да           | Да       | Да        | Частично  |
| Распределенная маршрутизация   | Да           | Да           | Да       | Да        | Частично  |
| Объединение сетей              | Да           | Нет          | Нет      | Нет       | Нет       |
| IPv4/v6                        | IPv6         | IPv4/v6      | IPv4/v6  | IPv4      | IPv4      |
| Шифрование трафика внутри сети | Да           | Нет          | Нет      | Нет       | Нет       |
| Автонастройка                  | Да           | Да           | Да       | Нет       | Да        |
| Разработка                     | Активная     | Закончена    | Активная | Нет       | Закончена |
| Поддержка UNIX\Linux\OpenWRT   | Да           | Да           | Да       | Да        | Да        |
| Поддержка Windows              | В разработке | Нет          | Нет      | Нет       | Нет       |
| Поддержка Mac OS X             | Да           | Да           | Да       | Да        | Да        |
| Потребление ресурсов           | Низкое       | Низкое       | Низкое   | Высокое   | Низкое    |
| Интеграция в ядро Linux        | Нет          | Да           | Нет      | Нет       | Да        |

Для построения плана выполнения задач был использован мультиагентный подход. В основе этого подхода лежит понятие «агента», программного объекта, способного воспринимать ситуацию, принимать решения и коммуницировать с себе подобными. Для реализации мультиагентного подхода был использован фреймворк Akka, упрощающий создание и взаимодействие программных агентов.

#### Описание функционирования мультиагентной системы планирования выполнения задач

В созданной системе использовались три компьютера Raspberry Pi 2. Для получения наглядной информации каждое устройство создает веб интерфейс, содержащий список обнаруженных устройств, их ресурсов и задач, а также диаграмму Ганта, представляющую построенный план.

Для демонстрации возможностей системы был поставлен эксперимент, включающий добавление задач, ресурсов, предоставляемых устройствами и необходимых для выполнения задач, включение и выключение устройств. Изначально было включено только одно устройство (Sat1). После были добавлены один ресурс и пять задач для выполнения, которые по очереди были включены в план на существующий ресурс. После были включены еще два устройства (Sat2 и Sat3), которым также были добавлены по ресурсу и задаче. Все задачи системы наиболее равномерно распределились по доступным ресурсам (рисунок 1).



Рисунок 1 – Включены 3 устройства и добавлены 7 задач.

Затем было выключено третье устройство (Sat3). Система обнаружила потерю ресурсов и задач, в результате чего произошло перепланирование (рисунок 2).

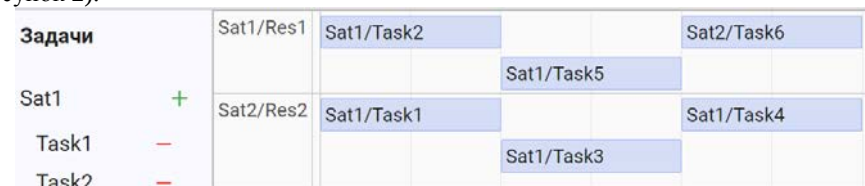


Рисунок 2 – План после выключения одного из устройств.

#### Заключение

Использование технологии mesh сетей и технологии адаптивного планирования позволило разработать систему, способную выполнять распределенное мультиагентное планирование, реагирующую на появление и исчезновение доступных устройств и их ресурсов и задач.

#### Литература

1. А.Б. Иванов, А.А. Жилев, И.В. Майоров, Е.В. Симонова, П.О. Скобелев, В.С. Травин, В.К. Скимунт, Н.Р. Стратилатов, С.В. Тюлевин. Адаптивное планирование сеансов связи малых космических аппаратов в сети наземных пунктов приема информации на основе мультиагентных технологий // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014, Москва, 16 – 19 июня 2014 г.: Труды. [Электронный ресурс] М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2014. – С. 8975-8983. Электрон. текстовые дан. (1074 файл: 537 МБ). 1 электрон. опт. диск (DVD-ROM). ISBN 978-5-91459-151-5. Номер государственной регистрации: 0321401153.
2. И.Е. Осипов. Mesh-сети: технологии, применение, оборудование // Технологии и средства связи. – 2006, №4. – С. 38-45.



Т.С. Москалева, П.Н. Полежаев

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ПРЕДПОЧТЕНИЙ АБОНЕНТОВ ДЛЯ ИНТЕРНЕТ-ПРОВАЙДЕРОВ «НЕТЕКСИ»

(Оренбургский государственный университет)

При современном уровне развития технологий, насыщенном рынке услуг, а также жёсткой конкуренции провайдерам IP-услуг необходимо детально изучать свою аудиторию (имеющуюся и потенциальную), обеспечивать высокий уровень информационной поддержки, материальной и технологической оснащённости, а также формировать актуальные предложения и решения.

Таким образом, для того чтобы сделать использование цифровых услуг (доступ в Интернет, IPTV, IP-телефония и др.), предоставляемых Интернет-провайдерами, максимально комфортным для потребителя, учесть его предпочтения и на их основе составить индивидуальный пакет услуг, было решено разработать и спроектировать специальную интеллектуальную аналитическую систему. Она позволит для абонента: сократить денежные расходы, повысить удобство и дружелюбность сервиса, сохранить время; для провайдера: гибко позиционировать свои услуги с учётом предпочтений, расширить клиентуру, а также увеличить прибыль.

Разрабатываемая система должна будет проводить анализ предпочтений абонентов, учитывая их телевизионные предпочтения (объём и направленность каналов и передач) при просмотре IPTV, интересы и потребности при составлении поисковых запросов в Интернете, направления звонков и длительность разговоров, а также социальную активность в разных сервисах. Затем, на основании этого анализа, система должна составлять комплексный профиль абонента – совокупность его характеристик, описывающая предпочтения, интересы, социальную активность и финансовые возможности (см. рисунок 1).



Рисунок 1 – Функциональная схема предлагаемого решения

К числу основных параметров профиля абонента можно отнести: историю и длительность просмотра контента (телеканалов, телепередач,



фильмов и др.); количество переключений между телеканалами, передачами, фильмами; время суток пользования услугами; регулярность оплаты услуг провайдера; количество и предмет обращений в техническую поддержку провайдера, время обращений; данные голосования в опросах (встроенных в сервис и проводимых на медиа-ресурсах); данные пользователя в социальных сетях (пол, возраст, количество друзей, участие в группах, подписки на ленты, количество "лайков", количество подарков, количество постов, интересы и др.); поисковые запросы; онлайн-покупки; история посещений сайтов; длительность и ключевые слова контента Интернет-сессий; длительность телефонных разговоров; направления исходящих и входящих звонков; географическое местоположение.

Данный профиль поможет Интернет-провайдерам сформировать актуальное предложение для их аудитории и текущего состояния рынка услуг.

Благодаря гибкой архитектуре и модульности разрабатываемый продукт может быть использован Интернет-провайдерами, в том числе провайдерами интерактивного телевидения (IPTV и OTT), операторами телефонной связи, мобильными операторами, интернет-сайтами и порталами.

Универсальность заключается в наличии нескольких интерфейсов API для взаимодействия виджетов и приложений с сервером, на котором будут проводиться различные вычисления и анализ полученных данных. Также планируется разбить архитектуру конечного продукта на несколько основополагающих модулей (см. рисунок 2).

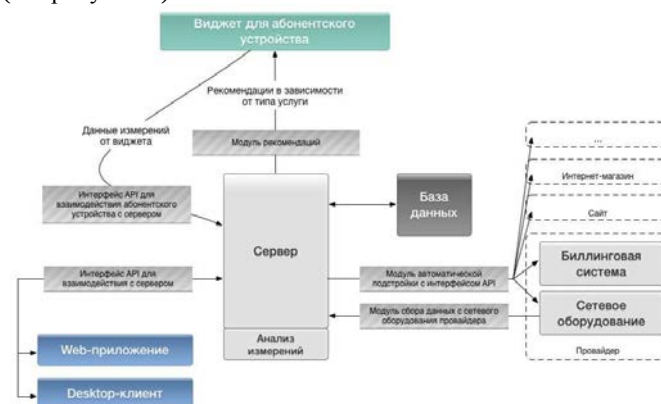


Рисунок 2 – Примерная техническая схема предлагаемого решения

Взаимодействие между ними согласно рисунку 2 происходит следующим образом: данные с помощью интерфейсов разработчика и модуля сбора информации поступают на сервер, где в дальнейшем происходит их обработка и передача в специальное хранилище (базу данных).

После проведенного анализа полученных с устройств метрик в работу вступают модули автоматической подстройки и рекомендаций. Таким образом, в зависимости от результата анализа предлагаемый продукт автоматически



проводит какие-либо взаимодействия с внутренними подсистемами сервиса оператора (биллинговая система, система управления услугами, сетевое оборудование и т.д.) и предоставляет подобранный по предпочтениям контент конечным абонентам на их устройства.

«НетеКси» может быть использована для решения следующих задач:

- сбор и анализ данных абонентов (составление профилей);
- составление рекомендаций для пользователей;
- оптимизация тарифных планов и опций для пользователей;
- анализ клиентской базы и отчетность для Интернет-провайдеров.

Для первой задачи планируется использовать факторный анализ с *very*-матрицей, методом главных компонент и многомерное шкалирование [1, 2]. Вторая задача будет решаться с помощью кластеризации, основанной на пользователях и контенте. В случае «холодного старта» (недостатка исходных данных) будет использоваться алгоритм SVD (Singular Value Decomposition). На рисунке 3 изображено, каким образом будет выглядеть работа всей системы в динамике [3].

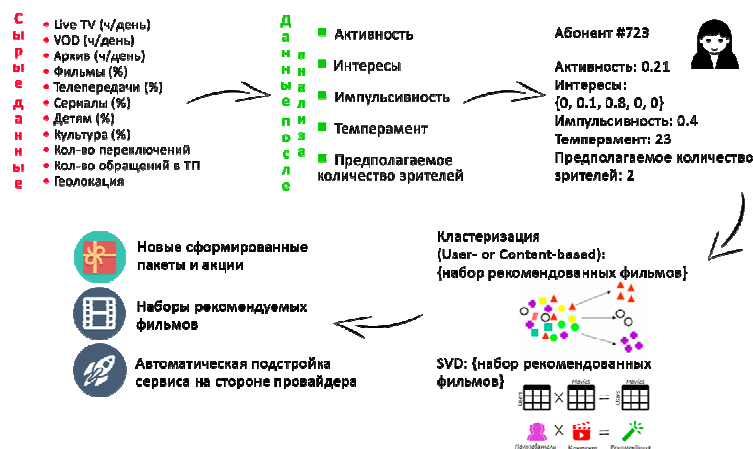


Рисунок 3 – Динамическая схема работы системы «НетеКси»

Новизна продукта «НетеКси» заключается главным образом в комплексности и правильно подобранном функционале, позволяющем как можно более продуктивно анализировать и настраивать работу сервисов заказчиков. При этом алгоритмы для модулей анализа данных и рекомендаций будут подобраны на основе их целесообразности, то есть исходя из имеющихся входных данных и интересующего результата.

Предлагаемая система «НетеКси» объединит в себе все главные функции представленных выше аналогов. Планируется интеграция системы «НетеКси» с системой управления широкополосной передачей мультимедийного трафика, разрабатываемой в рамках проекта РФФИ [4, 5].



Таким образом, предлагаемая интеллектуальная система анализа предпочтений абонентов для Интернет-провайдеров будет являться первой подобной разработкой российского производства, которая станет универсальным решением для Интернет-операторов, операторов связи, IPTV/OTT, Интернет-сайтов и порталов. Наличие модуля автоматической подстройки и анализ максимального количества метрик делает решение технически-значимым и актуальным для современного рынка.

Работа выполнена при поддержке программы У.М.Н.И.К. Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (№92128-3875), РФФИ (проект №15-07-06071).

### Литература

- Иберла, К Факторный анализ / К. Иберла. - М.: Статистика, 1980.-398 с.
- Дэйвисон, М. Многомерное шкалирование: Методы наглядного представления данных / М. Дэйвисон. - М.: Финансы и статистика, 1988. - 254 с.
- Osman Nuri Osmanl Using Tag Similarity in SVD-Based Recommendation Systems / Osman Nuri Osmanl, İsmail Hakkı Toroslu. - журнал IEEE, 2011.
- Полежаев П.Н. Применение технологии программно-конфигурируемых сетей для многоадресной передачи широкополосного мультимедийного трафика в системах IPTV / П.Н. Полежаев, Ю.А. Ушаков, А.Е. Шухман, Н.Ф. Бахарева // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2015. – №3. – С. 84-90.
- Полежаев П.Н. Применение методов муравьиной колонии в разработке эффективных алгоритмов маршрутизации и обеспечения QoS для корпоративных программно-конфигурируемых сетей / П.Н. Полежаев, Ю.А. Ушаков, Р.И. Поляк, А.П. Миронов // Интеллект. Инновации. Инвестиции, 2014. - №4. - С. 106-113.

О.Ю. Никифоров

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ИСТОРИЯ ФИЛОСОФСКИХ ИДЕЙ»<sup>1</sup>

(Вологодский государственный университет)

Философские исследования в нашей стране нуждаются в качественном обеспечении современными гипермедийными интерактивными материалами. Эти материалы позволяли бы описать ключевые идеи системно и концептуально, но, в то же время, в доступной форме, что необходимо для обеспечения научных исследований и образовательного процесса в области философии.

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ), проект № 15-07-01322 «Открытая информационная система «История философских идей».



В настоящее время в мире отсутствует какой-либо открытый интернет-ресурс на русском языке, на котором была бы собрана и структурирована информация по истории философских идей.

Информационная система «История философских идей» является практически единственным проектом, который направлен на предоставление доступа к гипермедийным интерактивным материалам по истории философии широкой пользовательской аудитории через сеть Интернет [1].

Применение автоматизированные информационные системы при исследованиях в области гуманитарных наук носит справочно-вспомогательных характер. Здесь в первую очередь используются электронные энциклопедии, имеющие универсальный или специализированный научный характер. Философия исключением не является [2].

Информационная система «История философских идей» использует принцип «виртуальной машины времени», актуализируя объект и его окружение в процессе перемещения по оси времени. Впервые такой подход был использован в справочно-правовой системе «Гарант». Механизм предоставляет пользователям аналитические инструменты для обработки правовой информации, позволяющие обратиться к законодательству, действовавшему в определенный момент в прошлом.

Пользователь информационной системы «История философских идей», рассматривая философскую идею в конкретный момент времени, получает модель, в состоянии, соответствующем заданному периоду, при этом актуализируется не только сам объект, но и его окружение, связанные с ним идеи, категории, концепции. Таким образом, пользователь получает идею и все связанные категории в том состоянии, которое соответствует выбранной точке (или отрезку) на прямой объекта [3].

Модель описания, размещения и предоставления доступа к информационной системе разработана специально для использования в web-среде [4]. Для доступа к информационной системе используется интерфейс сайта [ideas.vologda-uni.ru](http://ideas.vologda-uni.ru), построенного на платформе CMS Joomla. Web-ориентируемость открытой информационной системы обусловлена контекстом использования будущего программного продукта. За последние несколько лет существенно возросла популярность Web-технологий. Возможности web-технологий огромны. Они позволяют объединить все образовательные ресурсы, разбросанные по всему миру, в некую мультимедийную базу данных. Интернет, компьютерные технологии и средства связи позволяют сделать обучение более интересным. Появляются новые проекты, изобретения в этой области использования сети Интернет [5].

На верхнем уровне информационной системы представлен структурированный список философских идей, описание которых содержится в базе данных.

При выборе конкретного объекта будет загружено его окружение, которое включает в себя: наименование объекта-идеи, современное устойчивое определение (трактовка, описание), определения из основных электронных эн-



циклопедий (со ссылками на источники). Для дополнительной структуризации материала при его визуализации используются элементы-спойлеры. Окружение объекта-идеи существенно расширяется за счет оси времени, на которую нанесены реперные точки. Пользователь может перемещаться по оси и фиксировать желаемые точки.

Базового функционала CMS Joomla недостаточно для реализации метода размещения реперных точек на оси времени, поэтому необходимо использовать дополнительный конструктор контента CCK (Content Construction Kit) Seblod.

Категория объекта идеи включает в себя материалы, описывающие реперные точки. Эти материалы делятся на 2 группы: описание периода и описание объекта-идеи в контексте данного периода. Это сделано для того чтобы была возможно удобно редактировать периоды или быстро перемещать их между идеями [6, 7].

При переходе к описанию периода для пользователя информационной системы будет сгенерирована страница, которая отображает следующие аспекты: устойчивое (общепринятое) название данного периода (узла описания), хронологические рамки, развернутое и краткое описание данного периода, ссылки на описание данного периода в основных электронных энциклопедиях, причины, повлиявшие (оказавшие максимальное влияние) на формирование данного узла описания объекта-идеи.

При переходе к описанию объекта-идеи в контексте выбранного периода для пользователя информационной системы формируется страница, визуализирующая следующие параметры: трактовка и описание объекта-идеи в контексте данного периода (развернутое и краткое), ключевые авторы (с указанием произведений и цитированием), связи с другими объектами-идеями.

Информационная система «История философских идей» должна стать одним из первых мощных инструментов, которые позволят повысить эффективность и скорость проведения рациональной реконструкции при анализе и изучении большого спектра философских категорий.

### Литература

1. Никифоров О.Ю., Ястреб Н.А. Информационная система «История философских идей» // Системные стратегии: наука, образование, информационные технологии. Материалы Всероссийской конференции г. Вологда, ВГПУ, 24–25 сентября 2013 г. Под ред. О.Б. Голубева и Н.А. Ястреб. – Вологда.: ВГПУ, 2013. – С. 53–56.
2. Никифоров, О.Ю. Автоматизация научных исследований в области философии / Перспективные информационные технологии труды Международной научно-технической конференции. Самара: СГАУ им. академика С.П. Королева. 2015. С. 373-375.
3. Никифоров, О.Ю. Проект открытой информационной системы «История философских идей» / О.Ю. Никифоров, Н.А. Ястреб // Философские проблемы информационных технологий и киберпространства. – Пятигорск: Пяти-



горский государственный лингвистический университет. – 2013. – №2. – С. 68–73.

4. Никифоров, О.Ю. Схема описание объектов в информационной системе «История философских идей» / О.Ю. Никифоров, Н.А. Ястреб // Философские проблемы информационных технологий и киберпространства. – Петрозаводск: Петрозаводский государственный лингвистический университет. – 2015. – №2. – С. 140–154.

5. Никифоров О.Ю. Развитие информационно-технического потенциала сети Интернет в аспекте генерация сетевых обучающих систем / О.Ю. Никифоров, Т.А. Корепина // Современная техника и технологии. 2014. № 4.

6. Никифоров, О.Ю. Проект открытой информационной системы по философии на основе методологии идей / О.Ю. Никифоров, Н.А. Ястреб // Перспективные информационные технологии труды Международной научно-технической конференции. Самара: СГАУ им. академика С.П. Королева. 2013. С. 467–469.

7. Никифоров О.Ю. Обобщенная структурная модель информационной системы «История философских идей» / О.Ю. Никифоров, Н.А. Ястреб // Человек в технической среде сборник научных статей. Министерство образования и науки РФ, Вологодский государственный университет; Под ред. Н.А. Ястреб. Вологда, 2015. С. 90–93.

И.В. Осипов, Е.В. Симонова

## РАСШИРЕНИЕ МОДУЛЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ЦЕХА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ВОЗМОЖНОСТЯМИ АДАПТИВНОСТИ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева)

### Введение

Масштабы промышленного производства постоянно растут, поэтому в условиях постоянных внешних изменений невозможно обеспечить оптимальное решение задачи планирования человеческими ресурсами. Классические методы, используемые в планировании, требуют перестроения плана в целом даже при минимальных изменениях в исходных данных. Проблемы такого характера способны решать мультиагентные системы. Существующие решения [1], в основе которых лежит подобная модель, потенциально способны перестраивать план адаптивно, т.е. после изменений в исходных данных агенты путем переговоров постепенно приводят план к оптимальному виду, однако для того чтобы реализовать адаптивное перестроение плана, необходимо предварительно спроектировать архитектуру такой системы.



### Краткое описание предметной области

При решении задачи планирования интуитивно понятно, что в первую очередь необходимо определить, какие задачи на какие ресурсы будут спланированы. Рассмотрим следующий вариант: необходимо спланировать сборку партий продукции на пулы рабочих и оборудования. Под пулом понимается множество ресурсов одного типа, например, пул токарей или пул фрезеровочных станков. Операция – работа, производимая множеством рабочих на множестве видов оборудования по определенной технологии. Технология – подход к выполнению операции, определяющий её длительность и оптимальный размер партии. Операция может быть сборочной или составной частью другой операции, например, операция сборки велосипеда состоит из операций сборки колёс, изготовления рамы, сиденья и руля, каждая из которых может быть аналогично декомпозирована до нужного уровня детализации. Длительность составной операции определяется длительностью её частей. В данной работе рассматриваются только операции верхнего уровня. Операции могут быть объединены в цепочку параллельно-последовательных действий, например, для сборки электродвигателя необходимо подготовить ротор и статор, эти операции можно выполнить параллельно. Для подготовки статора необходимо очистить корпус и подготовить обмотку, эти операции также параллельны, однако, укладка обмотки в корпус относительно подготовки обоих компонентов является последовательной операцией.

### Постановка задачи

Пусть существует решение для стратегического планирования промышленного предприятия на основе мультиагентного подхода. Внесение корректив в данные исходной системы и учет изменений в плане происходит путем перезапуска планирования. Требуется спроектировать и реализовать прототип системы с адаптивным перестроением плана при внесении изменений.

### Архитектура системы

В исходной системе каждый агент основывается на некоторой сущности, хранимой в базе данных, каждая из сущностей доступна в источнике данных. Исходная система не рассчитана на адаптивное перестроение плана, поэтому при изменении входных данных необходимо полностью перезапускать систему. Система выдает результаты планирования в виде набора сообщений от агентов, которые подтвердили свое размещение в плане, каждое перепланирование влечет очистку существующего плана.

Мультиагентные системы основаны на акторной модели, которая предусматривает возможность параллельного существования автономных агентов, следовательно, необходимо синхронизировать доступ к общему источнику данных, при большом количестве агентов он может оказаться узким местом.

Диаграмма компонентов исходной системы представлена на рисунке 1.

Для реализации адаптивности предлагается альтернативная архитектура взаимодействия системы планирования с остальными системами (рисунок 2). Для обеспечения реакции на внешние изменения предлагается разделить источник данных на входной и выходной. При этом нагрузка распределяется ме-



жду двумя компонентами системы. В качестве входных данных поступают заказы на производство, ресурсы, операции, технологии и т.д. Выходными данными являются запланированные партии, информация об использовании ресурсов и покрытиях заказов.

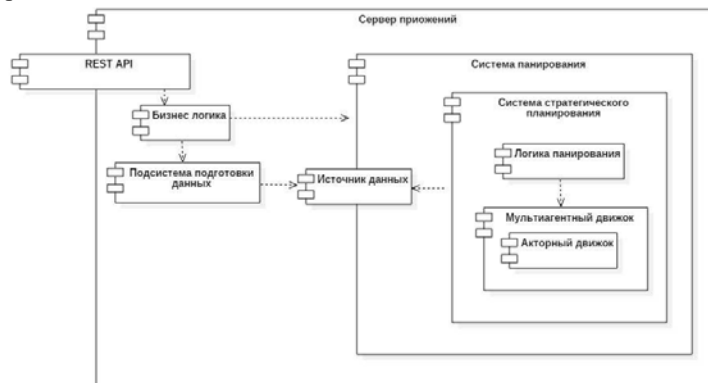


Рисунок 1 – Диаграмма компонентов исходной системы

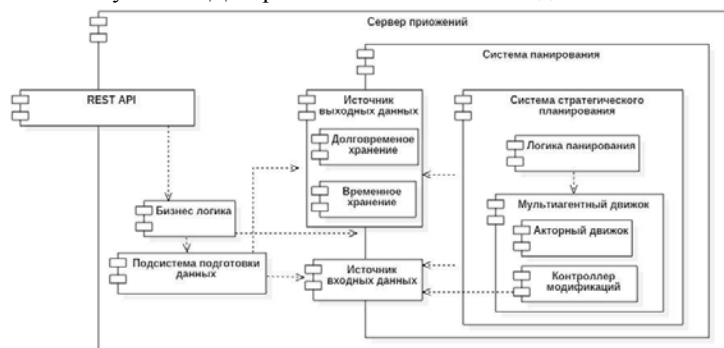


Рисунок 2 – Диаграмма компонентов адаптивной системы

Система планирования реализует оповещение подписчиков после окончания планирования, предлагается использовать данный функционал для поддержания адаптивности за счет определения разницы между прежним и новым планом. Например, система построила начальный план на основе исходных данных. После добавления заказа происходит процесс адаптации, в результате которого, если новый заказ сместил в плане некоторые старые задачи, в выходных данных предоставляется информация о том, что сформировалась новая партия для покрытия нового заказа и при этом обновились ранее запланированные партии.

Для учета внешних изменений необходимо ввести контроллер модификаций – новый агент, которому сообщается информация обо всех внешних изме-



нениях, а он, в свою очередь, либо создает требуемых агентов, либо оповещает существующих об изменении, либо информирует об их удалении. Действия по инициализации, реакции на обновление или на удаление возлагаются на каждого конкретного агента.

### Описание прототипа мультиагентного планировщика с функциями адаптации

В качестве прототипа реализованы функции адаптивного добавления / удаления заказа. Контроллер модификаций подписан на обновления источника входных данных, после добавления нового заказа контроллер создает агента заказа и посылает ему пробуждающее сообщение. Планирование выполняется в несколько итераций. Инициализация агента происходит как при обычном планировании, заказ размещается на ресурсе и посылает подтверждение размещения контроллеру планирования. Контроллер планирования после получения нового плана формирует из полученных сообщений подтверждения информацию о партиях, покрытиях заказов и об использовании ресурсов. В итоге, сформированные данные записываются в источник выходных данных, а информация о сообщениях с предыдущей итерации стирается.

Источник выходных данных разделяется на две части: долговременное хранилище (информация хранится до выключения системы) и временное. Временное хранилище источника выходных данных состоит из трех частей: добавленных, удаленных или обновленных данных. Долговременная часть хранит сущности с идентификатором, присвоенным внешним хранилищем, временное хранилище, в свою очередь, хранит данные только между итерациями планирования.

Такое разделение необходимо для синхронизации данных в системе планирования и во внешнем средстве хранения. Таким образом, обеспечивается подмена временных идентификаторов, сгенерированных системой планирования при создании сущности, идентификаторами из базы данных. В системе, не поддерживающей адаптивность (рисунок 1), все исходные данные изначально сохранялись в базе, а выходные данные сохранялись в базе до следующего перепланирования.

### Заключение

Было спроектировано и разработано расширение для мультиагентной системы стратегического планирования цеха промышленного предприятия, позволяющее адаптивно реагировать на изменения внешней среды. Реализован прототип с возможностями добавления и удаления заказов.

В перспективе необходимо реализовать поддержку адаптивности для ресурсов, технологий, операций, а именно их добавление, обновление и удаление, а также пользовательский интерфейс, облегчающий планирование задач.





### Литература

1. Е.В. Симонова, И.В. Осипов. Мультиагентная система стратегического планирования цеха промышленного предприятия. Тезисы докладов XXIII международной конференции «Математика. Компьютер. Образование», г. Дубна, 25-30 января 2016 г. – Москва-Ижевск: R&C Dynamics, 2016. – С. 297.

А.А. Платонов

### РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ТЕСТИРОВАНИЯ ТАРИФИКАЦИИ В БИЛЛИНГОВОЙ СИСТЕМЕ КОМПАНИИ «МЕГАФОН»

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

### Введение

Активное распространение интернета и IP-телефонии, прорыв в области мобильной связи, бурный рост количества операторов связи привели не только к острой конкуренции в этой области, но и к качественному изменению абонентской базы. В таких условиях успешность решения задач, которые возникают перед компаниями, оказывающими услуги связи, серьезно зависит не только от их материальной и технологической оснащенности, но и от соответствующей информационной поддержки. Именно поэтому биллинговые системы как центр хранения подробной информации о потребителе становятся не просто архивом с возможностью элементарных расчетов, а инструментом реализации всей бизнес-политики поставщика услуг связи [1].

К биллинговым системам предъявляются высокие требования по надежности и качеству разработки: любая ошибка может привести к потерям для бизнеса. Потому тестирование продукции является одной из ключевых составляющих любого стандарта качества. В биллинговых системах задача тестирования сводится к проверке соответствия биллинга и тарификации стандартам и правильности расчетов для минимизации риска неточного расчета с потребителем и контролирующими органами [2].

Основная задача биллинговой системы – выставление счетов на основании различных параметров событий, поэтому она должна быть сконфигурирована таким образом, чтобы не только распознавать новые услуги и соотносить их с соответствующими параметрами, но и позволять оператору связи создавать инновационные тарифные планы на основе информации по пользованию услугами следующего поколения [3]. Схема работы биллинговой системы представлена на рис. 1.

### Постановка задачи

В настоящее время сотрудниками отдела тестирования аутсорсинга «Мегафона» разработаны алгоритмы и скрипты, позволяющие осуществлять проверку тарификации услуг, аварии, неточность тактов, правильность создания



CDR (call-detail-record – подробная запись о вызове, обеспечивающая журналирование работы телекоммуникационного оборудования), временные аспекты передачи данных, ошибки подсчета, ошибки округления, ошибки коррекции, сбои в базах данных. Ручное тестирование тарификации – процесс долгий и занимает продолжительное время, поэтому перед автором была поставлена задача – разработать автоматизированную систему, позволяющую автоматизировать процесс тестирования, а именно:

- проводить тестирование корректности тарификации потребляемых пользователем услуг;
- проводить тестирование корректности взимания абонентской платы;
- проводить анализ данных;
- осуществлять необходимый контроль подсистем, моделирующих процесс биллинга на тестовой среде;
- формировать необходимую документацию, хранить ее в электронном виде;
- обеспечить надёжное хранение результатов тестирования.

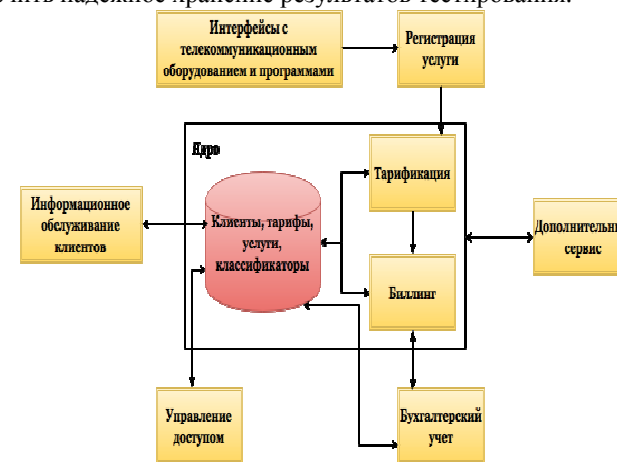


Рис. 1. Общая функциональная схема биллинговой системы

Автоматизированная система тестирования представляет собой приложение, при работе которого пользователь имеет возможность получать информацию о корректности тарификации потребляемых абонентом услуг, т.е. соответствие фактических цен с ценами, указанными в бланке тарифа, и абонентской платы. Данная система интегрирована с существующей базой тест-кейсов, позволяющих проводить тестирование корректности продуктов, предоставляемых компанией «МегаФон», а именно:

- 1) услуги сотовой и местной телефонной связи;
- 2) услуги широкополосного доступа в Интернет.

Результаты проведения испытаний и выявления ошибок в процессе тестирования корректности тарификации и абонентской платы сохраняются в базе



данных. Для наглядного представления результатов тестирования в системе предусмотрена возможность экспорта полученных результатов в файл формата «.doc» с помеченными маркером некорректными пунктами.

На рис. 3 приведена структурная схема разрабатываемой системы. В ее состав входят:

- 1) подсистема расчета абонентской платы и тарификации, в состав которой входят:
  - подсистема настройки параметров тестирования, которая позволяет настроить проведение тестирования согласно требуемому заданию (выбрать вид тестирования, а также дополнить выбранные вид дополнительными тест-кейсами);
  - подсистема расчета и анализа числовых характеристик, которая производит расчет, а также сверку фактических результатов с ожидаемыми;
- 2) подсистема работы с базой данных тест-кейсов, в которой хранятся все имеющиеся на данный момент скрипты тестирования;
- 3) файловая подсистема, которая обеспечивает сохранение и загрузку данных в файл и из файла соответственно;
- 4) подсистема конфигураций, которая содержит словари для работы с аннотациями и информацию о доступе к базам данным (способам подключения, паролям, пользователям);
- 6) подсистема работы с базой данных БД, в которой хранятся результаты проведенного тестирования, а также сведения, на которой итерации были произведены изменения устраняющие ошибки;
- 5) справочная подсистема, которая содержит сведения о системе (руководство пользователю) и об ее разработчике.



Рис. 3. Структурная схема системы



В качестве средств разработки был выбран язык программирования C#, среда программирования Visual Studio 2010. Работа с базой данных осуществляется с помощью СУБД Oracle Database 11g Enterprise Edition Release. Система функционирует под управлением операционной системы Windows 7.

### Заключение

Разработанная система позволяет осуществлять не только функциональное тестирование тарификации и абонентской платы, но и проводить регрессионное тестирование на влияние изменений в биллинге. Она будет использоваться инженерами отдела тестирования и контроля качества компании «МегаФон».

### Литература

- 1 Бахрах, М. Биллинг в информационной системе оператора связи [Текст]. – М.: Мобильные системы, 2001. – С. 12-14.
- 2 Кузнецов, А. Биллинговые системы в России: состояние и тенденции развития [Текст]. – М.: Мир связи, 1999. – С. 52-64.
- 3 Куликов, С. Тестирование программного обеспечения. Базовый курс [Текст]/ С. Куликов.– М.: Eram Systems, 2000. – С.5-7.

П.Н. Полежаев, А.П. Миронов, Р.И. Поляк

### АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ РАЗРАБОТОК ДЛЯ МНОГОАДРЕСНОЙ ПЕРЕДАЧИ ТРАФИКА В ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕТЯХ

(ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»)

В связи с тем, что технология программно-конфигурируемых сетей является новой и не используется интернет провайдерами, разработки в сфере многоадресной передачи трафика в программно-конфигурируемых сетях представлены в основном различными статьями, отражающими результаты немногочисленных исследований.

Чаще всего в своих работах авторы сравнивают разработанные ими системы с традиционными протоколами маршрутизации трафика. Для IPTV основным протоколом является PIM [1] при том, что в традиционных и программно-конфигурируемых сетях для управления ширококестельными группами используется стандарт IGMP [2]. Например, в своей работе [3] Lucas Bondan из университета Universidade Federal do Rio Grande представил исследование, в котором протестировал передачу потокового видео в программно-конфигурируемой сети. В публикации в качестве алгоритма маршрутизации был выбран алгоритм Дейкстры, который был модифицирован для работы в программно-конфигурируемых сетях. В своей работе автор сравнивает два решения – OpenMcast и Multiflow. Контроллер OpenMcast представляет собой реализацию с использованием стандарта IGMP и протокола маршрутизации DVMRP [4] ширококестельных операций, свойственный для традиционных сетей, в среде программно-конфигурируемых сетей. Этот контроллер основ-



вается на протоколе IGMP, в котором реализовано распространение управляющих пакетов в сети. Multiflow, в свою очередь, представляет собой приложение, которое запускается на OpenFlow-контроллере [5] NOX. Как только контроллером NOX определяется топология сети, приложение Multiflow начинает отслеживать любое появление IGMP-пакетов в сети OpenFlow. Multiflow, основанный на IGMP, идентифицирует пакеты, в которых узлом назначения является широковещательная группа. Далее Multiflow выполняет все операции, идентичные работе протокола IGMP в традиционных сетях с той разницей, что при идентификации IGMP- пакетов Multiflow распознает запросы клиента и с помощью алгоритма Дейкстры находит наиболее оптимальный путь между клиентом и сервером. При установке пути Multiflow также использует информацию о топологии сети и загруженности каждого из узлов и соединений, доступную ему, как приложению контроллера OpenFlow. Хотя разница между решениями невелика, знание топологии сети и использование алгоритма Дейкстры сильно сокращает время между появлением запроса клиента и отправкой первого пакета ответа, что на практике означает уменьшение времени переключения каналов. Авторы приводят следующие результаты: использование системы Multiflow значительно уменьшает количество служебных широковещательных пакетов тем самым снижая нагрузку на сетевую инфраструктуру, а также снижается время отклика.

В статье исследователя Christina Thorpe [6] для тестирования используется модифицированный алгоритм Дейкстры, который вычисляет наилучший путь на основе весов ребер между вершинами. В статье подробно описан принцип работы алгоритма Дейкстры в программно-конфигурируемых сетях за исключением функции расчета веса между ребрами в графах. Кратчайший путь между узлами рассчитывается при получении первого пакета от неизвестного ранее узла. Исследователями был разработан свой собственный модуль маршрутизации, которым они заменили стандартный модуль контроллера Floodlight. Сам алгоритм представляет собой реактивный метод маршрутизации, в котором за основу веса каждого из ребер взято качество видео, которое может быть передано по данному ребру. Таким образом вес ребра растет при ухудшении качества видео, которое он может передать. В процесс работы алгоритма, если контроллер принимает сообщение LINK\_DOWN от программно-конфигурируемого коммутатора, то удаляются все записи, в которых содержится удаляемое ребро, происходит перерасчет маршрутов для всей сети в связи с изменившейся ситуацией. Для предотвращения потери пакетов все пакеты удовлетворяющие правилам обрабатываются непосредственно контроллером и передаются им сразу на выходной коммутатор. В случае, если контроллер не успел изучить топологию и перестроить маршруты, трафик отправляется коммутатором с удаленным ребром на все его порты. Такое решение может привести к дублированию пакетов в сети но, не позволит возникнуть ситуации, когда пакеты не будут доставлены до пункта назначения. В случае, если с одного коммутатора в течении 5 секунд приходит более одного сообщения о перегрузке, то коммутатор полностью исключается из всех маршрутов построенной се-



ти. Ошибки перегрузки отправляются при нарушении метрик, описанных в статье.

В работе индийских авторов из IBM Research [7] описывается сравнение стандартного алгоритма маршрутизации PIM-SM с их собственным алгоритмом AvRA. AvRA представляет собой алгоритм маршрутизации, который строит дерево широковещания пытаясь добавить нового члена широковещательной группы в уже существующее дерево. Алгоритм работает за полиномиальное время. Отличительной особенностью AvRA от PIM-SM является, то что алгоритм ищет кратчайший путь не до источника, а до существующего дерева. В теории такой поиск может быть легко осуществлен нахождением пути от каждого узла до добавляемого узла, но это трудоёмко на практике. Вследствие этого AvRA является эвристическим методом, это означает, что при худшем стечении обстоятельств AvRA будет работать также, как PIM-SM. Алгоритм AvRA оптимизирован под топологии Tree и FatTree, которые чаще всего используются в центрах обработки данных.

Для тестирования разработанного алгоритма авторы используют контроллер OpenDaylight, симулятором работы сети является Mininet, для создания трафика используется инструмент iPerf. Топология сети и результаты исследования представлены в статье, общим результатом применения алгоритма авторами является уменьшение числа простаивающих соединений до 0%. Также максимальная нагрузка соединений при использовании системы, предложенной авторами, составляет 73%, что является значительным улучшением, так как при использовании стандартных методов 1.5% соединений имеют загруженность более 100%.

В статье [8] исследовательским коллективом предлагается концепция гибко настраиваемых широковещательных сервисов, которые могут удовлетворять требованиям широкого круга пользователей. Данная концепция предполагает разбиение сети на множество слоев, каждый из них ориентирован на конкретный класс широковещательного трафика. В своей работе авторы рассматривают два широковещательных класса: сервис широковещательной передачи текстовых сообщений и сервис трансляции медиа трафика. Разработанный авторами прототип широковещательных сервисов использует OpenFlow версии 1.3, в качестве контроллера применяется сетевая операционная система Ryu. Также исследователи использовали стандартные API, включенные в состав Ryu, такие как Discovery и MPLS. Система реализует функции управления широковещательными группами, определение наиболее оптимального алгоритма широковещательной маршрутизации для конкретного слоя сети. Авторы использовали два алгоритма маршрутизации KMB и SPT (Shortest Path Tree). В результате они пришли к выводу, что невозможно создать один универсальный алгоритм, который был бы применим к любому типу широковещательного трафика, но можно создать систему, которая комбинирует различные подходы к маршрутизации и может выбирать наиболее оптимальный алгоритм под конкретные задачи, что и было реализовано исследователями.



Анализ рассмотренных систем показывает, что каждая из них имеет свою специализацию, и каждый из алгоритмов лучше использовать под конкретные цели. Во всех рассмотренных исследованиях использование широких возможностей программно-конфигурируемых сетей позволяло добиться значительных улучшений некоторых параметров. Так как широкополосное вещание используется в различных сферах с разными, зачастую противоположными требованиями к передаче трафика, то разработка универсального алгоритма невозможна, что напрямую или косвенно указывается большинством из авторов. Также было рассмотрено большое количество контроллеров, каждый из которых обладает рядом недостатков и преимуществ, однако наилучшие результаты показали контроллеры OpenDaylight и Ryu. Данные сетевые операционные системы отличаются высокой производительностью, наличием развитого сообщества, хорошей документированностью, наличием большого количества встроенных модулей и удобством создания собственных.

В дальнейшем планируется реализовать многоадресную маршрутизацию на основе схемы, предложенной в статье [9]. Для формирования оптимального дерева широкополосного вещания будет решаться задача Штейнера с помощью модификации муравьиного алгоритма. Будут разработаны аналоги протоколов IGMP и PIM для программно-конфигурируемых сетей. Для обеспечения оптимального качества в процессе передачи трафика предлагается маркировать пакеты при помощи тегов OpenFlow.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты №16-07-01004 и №15-07-06071), Президента Российской Федерации, стипендии для молодых ученых и аспирантов (СП-2179.2015.5).

#### Литература

1. Fenner, B., Handley, M., Holbrook, H., and I. Kouvelas, "Protocol Independent Multicast - Sparse Mode (PIM-SM): Protocol Specification (Revised)", RFC 4601
2. Cain, B., Deering, S., Kouvelas, I., Fenner, B., and A. Thyagarajan, "Internet Group Management Protocol, Version 3", RFC 3376
3. Bondan L., Müller L. F., Kist M. Multiflow: Multicast clean-slate with anticipated route calculation on OpenFlow programmable networks //Journal of Applied Computing Research. – 2013. – Т. 2. – №. 2. – С. 68-74
4. Waitzman, D., Partridge, C., and S. Deering, "Distance Vector Multicast Routing Protocol", RFC 1075
5. Openflow. The first standard communications interface defined between the control and forwarding layers of an SDN architecture <https://www.opennetworking.org/sdn-resources/openflow>
6. Thorpe, C.; Olariu, C.; Hava, A.; McDonagh, P., Experience of developing an openflow SDN prototype for managing IPTV networks //Integrated Network Management (IM), 2015 IFIP/IEEE International Symposium on. – IEEE, 2015. – С. 966-971.



7. Iyer A., Kumar P., Mann V. Avalanche: data center multicast using software defined networking //Communication Systems and Networks (COMSNETS), 2014 Sixth International Conference on. – IEEE, 2014. – С. 1-8.

8. Shengquan Liao; Xiaoyan Hong; Chunming Wu; Bin Wang; Ming Jiang, "Prototype for customized multicast services in software defined networks," // Software, Telecommunications and Computer Networks (SoftCOM), 2014 22nd International Conference pp.315-320, 17-19 Sept. 2014

9. Полежаев П.Н., Ушаков Ю.А., Шухман А.Е., Бахарева Н.Ф. Применение технологии программно-конфигурируемых сетей для многоадресной передачи широкополосного мультимедийного трафика в системах IPTV // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2015. – №3. – С. 84-90. – ISSN 2077-7175

А.Н. Разумов, Д.О. Маркин

#### СИСТЕМА УДАЛЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬЮ МОБИЛЬНОГО АБОНЕНТСКОГО УСТРОЙСТВА

(Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации)

За последние годы наблюдается бурный рост популярности мобильных абонентских устройств (МАУ). По прогнозам аналитических агентств [1] к 2017 году почти половина эксплуатируемых в организациях устройств будет относиться к мобильным. Причиной такой популярности МАУ в первую очередь является увеличение их производительности и функциональных возможностей, что ведет к повышению возможностей работы с корпоративными информационными ресурсами организации. Однако использование МАУ в корпоративной среде с конфиденциальной информацией в настоящее время ограничено, поскольку существующие средства защиты информации не позволяют обеспечить конфиденциальность информации при доступе к ней пользователей с использованием МАУ. Отсутствие таких средств защиты создает технические каналы утечки конфиденциальной информации, увеличивает возможности нарушителей по несанкционированному доступу, подмене или компрометации важных данных.

Для обеспечения необходимого уровня конфиденциальности информации в организации МАУ, в частности, смартфоны и планшеты, должны соответствовать требованиям в области информационной безопасности: обеспечивать конфиденциальность, целостность и доступность данных (ГОСТ Р 50922–2006).

В настоящее время существует ряд технических решений, позволяющих управлять некоторыми функциональными возможностями МАУ на основе установленной политики безопасности организации. Такими решениями являются так называемые системы управления мобильными устройствами Mobile Device Management (MDM). Они представляют собой систему функций по защите и управлению данными и приложениями на МАУ. MDM является



важным компонентом всего жизненного цикла мобильных устройств, включающим аппаратное обеспечение, программное обеспечение и техническое сопровождение этих устройств в ходе их эксплуатации. В условиях все большего вовлечения смартфонов и планшетов в процессы организаций управление МАУ становится важнейшей задачей при этом необходимо определить какими существенными параметрами МАУ необходимо управлять, чтобы обеспечить конфиденциальность информации при доступе к ней с использованием данных устройств.

На основании представленных потенциальных возможностей нарушителей сформирован перечень требований безопасности, которые должны выполняться при доступе к информационным ресурсам защищенной корпоративной сети с использованием МАУ. К этим требованиям относятся:

- реализация механизма ограничения доступа к аппаратным и программным ресурсам мобильного устройства;
- автоматический мониторинг и детектирование состояния программно-аппаратной среды мобильного устройства;
- обеспечение криптографической защиты конфиденциальных данных при их передаче и хранении;
- контроль содержания оперативной памяти устройства, а также наличие возможности дистанционного удаления информации из памяти устройства в случае его утери или кражи;
- аутентификация устройства и его пользователя;
- наличие изолированной программной среды;
- управление доступом к информационным ресурсам;
- ограничение доступа пользователей и приложений к аппаратным средствам, таким как цифровая камера, GPS, интерфейс Bluetooth, интерфейс USB и съемные носители;
- ограничение доступа пользователей и приложений к функциям операционной системы, таким как встроенный web-браузер, почтовый клиент, календарь, контакты, службы установки приложений;
- менеджмент беспроводных сетевых интерфейсов (Wi-Fi, Bluetooth);
- автоматизированный контроль исполнения политик, обнаружение и протоколирование случаев их нарушения, таких как изменение утвержденной базовой конфигурации безопасности, и автоматическое принятие мер, когда это возможно и целесообразно;
- ограничение или запрет доступа к корпоративным сервисам на основе информации о версии и состоянии операционной системы МАУ, о производителе, марке, модели, или версии клиентского приложения.

Реализация данных требований возможна при наличии централизованного управления МАУ организации, предполагающего постоянный мониторинг состояния МАУ в организации и формирование на основе мониторинга – управляющих воздействий в виде назначаемых МАУ конфигураций.



В настоящее время существуют готовые программно-технические решения, осуществляющие управление мобильными устройствами в корпоративной среде. Примером таких программ являются SOTI Mobicontrol, Mobile Device Management, SAP Afaria, MobileIron MyPhone@Work, AirWatch MDM, Junos Pulse Mobile Security Suite, Kaspersky Security. Однако анализ [2, 3] их функциональных возможностей показал, что у данных средств присутствуют недостатки:

- 1) иностранное производство и закрытый программный код;
- 2) отсутствие сертификации у регуляторов;
- 3) отсутствие интегрированных подсистем определения местоположения мобильных устройств в зданиях с точностью до помещений.

Система управления МАУ может быть построена на основе клиент-серверной архитектуры, в которой элементом, отвечающим за исполнение управляющих команд на стороне МАУ, может являться программно-аппаратный модуль, интегрированный на плате мобильного устройства либо программный агент, реализующий управление функциональностью МАУ. Пример такой системы представлен на рисунке 1.

Функциями программного агента [5] являются:

- конфигурирование МАУ (доступ к модулям Wi-Fi, Bluetooth, сетевой модуль и др.);
- удаленная инвентаризация устройств для контроля их соответствия корпоративным политикам и стандартам;
- прекращение доступа к корпоративным приложениям для тех пользователей, которые покинули компанию;
- определение местоположения МАУ;
- сбор статистики об используемых услугах;
- удаленная блокировка устройства (с удалением информации на нем) в случае потери или кражи устройства.

Реализация программного агента удаленного управления функциональностью МАУ может быть выполнена на базе операционной системы (ОС) Android. Современные версии данной ОС при условии установки приложения в качестве администрирующего предоставляет широкие возможности для программного управления параметрами МАУ. Таким образом, используя клиент-серверную архитектуру на базе программного агента в виде приложения для ОС Android и удаленного веб-сервера, выполняющего роль управляющего, можно реализовать предлагаемую систему управления мобильными устройствами.

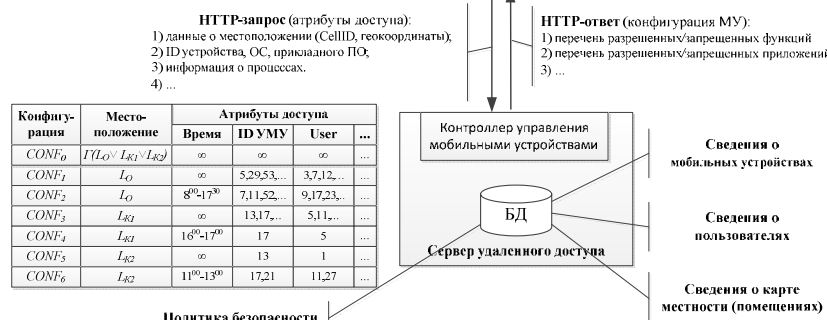
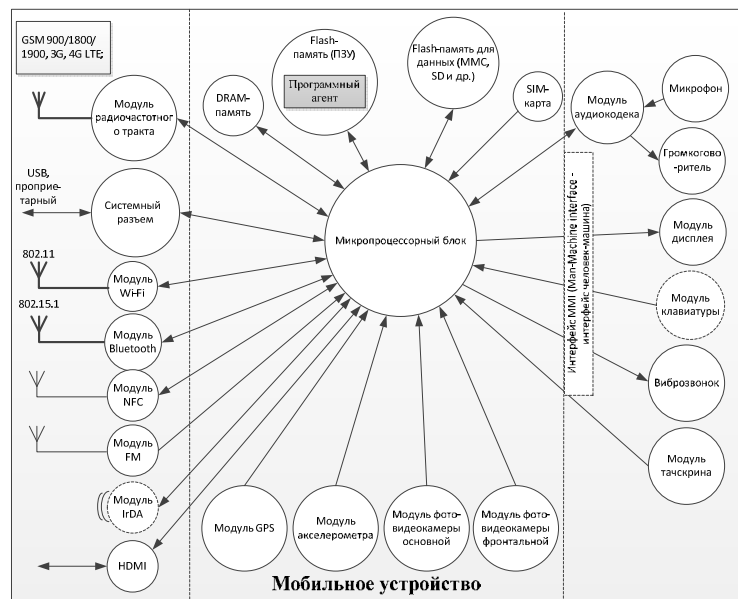


Рисунок 6 – Структурная схема, реализующая взаимосвязь мобильного устройства и удаленного сервера доступа мобильных устройств

### Литература

1. Развитие интернета в регионах России. Весна 2014 / "Яндекс" [Электронный ресурс] : Электрон. дан. – Москва, 2014. Режим доступа: [http://download.yandex.ru/company/ya\\_internet\\_regions\\_2014.pdf](http://download.yandex.ru/company/ya_internet_regions_2014.pdf). Дата обращения: 31.10.2014.
2. Хрусталева, Д.А. Мобильные телефоны Siemens. Принципы устройства и ремонт [Текст] / Д. А. Хрусталева. - Москва : Изумруд, 2004. - 256 с.
3. Маркин, Д. О. Модель управления профилем защиты мобильного устройства при доступе к услугам с разным уровнем конфиденциальности /

Д. О. Маркин, В. В. Комашинский, И. Ю. Баранов // Информационные технологии. – 2015. – № 9 (21). – С. 611-618.

4. Маркин, Д. О. Имитационное моделирование определения местоположения пользователей мобильных устройств внутри помещений / Д. О. Маркин, В. В. Комашинский // Информационная безопасность и защита персональных данных. Проблемы и пути их решения [Текст]+[Электронный ресурс]: материалы VII Межрегиональной научно-практической конференции / под ред. О. М. Голембиовской. – Брянск: БГТУ, 2015. – с. 124. – С. 77-81.

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 20166111210 Российская Федерация. Программный агент удаленного управления функциональностью мобильного абонентского устройства / Маркин Д. О., Разумов А. Н., Сенотрусов И. А. ; заявл. 06.11.2015; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 27.01.2016 г.

И.П. Сайфудинов, В.В. Мокшин

### ИССЛЕДОВАНИЕ СПОСОБОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ВПЕРЕДИ ЕДУЩИХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ПОМОЩЬЮ ОДНОЙ КАМЕРЫ

(Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева)

### Аннотация

В этой работе описываются видео - основы системы адаптивного круиз-контроля (АКК), которая использует одну камеру в качестве входных данных, и применение оптико-потока и вычитания фона для решения основной задачи-определения контакта машины и дороги.

### Введение

Одной из главных задач следующего поколения автомобильного транспорта является повышение безопасности пассажиров и пешеходов. Более 10 миллионов человек получают травмы ежегодно в мире в дорожно-транспортных происшествиях. Они включают в себя от двух до трех миллионов тяжелых ранений и 400 000 смертельных исходов. Финансовый ущерб от ДТП оценивается как 1-3% мирового ВВП. Наезды сзади составляют значительную долю от общих аварий (29.5% в США и 28% в Германии, в России 44.7% столкновений)[5] [6] . Отсутствие внимания со стороны водителя установлена как причина 91% ДТП. По данным исследования 1992 года Daimler-Benz (цитируется по [5]), Если у водителей есть 0,5 секунды дополнительного времени для пре-



Рис. 1. Монокулярная камера





дупреждения, около 60% наездов сзади можно предотвратить. Дополнительная секунда во времени предупреждения может предотвратить около 90% случаев наезда сзади.

В этой работе мы исследуем возможность выполнения дистанционного управления, к уровню точности достаточного для серийного производства АКК продукта, используя монокулярное устройство обработки изображений (одну видеокамеру), которая обеспечивает только "косвенный диапазон", используя законы перспективы. На рис. 1 показана камера, установленная рядом с зеркалом заднего вида.

Проблемы монокулярной зрительной системы носят двоякий характер. С одной стороны, система испытывает недостаток в глубине сигнала, используемого для сегментации цели и вместо этого следует полагаться на методы распознавания образов [1] [4] для компенсации отсутствия глубины.

#### Диапазон

Поскольку у нас есть только одна камера, мы должны оценить диапазон, используя перспективу. Есть два сигнала, которые могут быть использованы: размер автомобиля в изображении и положение дна автомобиля в изображении. Поскольку ширина транспортного средства неизвестного типа (автомобиль, фургон, грузовик и т.д.) может варьироваться от 1.5 м и 3 м, оценка расстояния на основе ширины будет точна только на около 30%. Гораздо лучшая оценка может быть достигнута с помощью геометрии дороги и точки контакта автомобиля с дорогой. Предположим, плоскую поверхность дорожного движения и камера установлены таким образом, что оптическая ось параллельна поверхности дороги. Точка на дороге на расстоянии  $Z$  в передней части камеры будет проецироваться на изображение на высоте  $y$ , где  $y$  задается уравнением:

$$y = \frac{fH}{Z} \quad (1)$$

где,  $H$  представляет собой высоту камеры в метрах. На рис. 2 показана схема схематичной камеры-обскуры, состоит из обскуры (P) и плоскостью изображения (I), помещаемой на фокусном расстоянии ( $f$ ) от отверстия. Камера установлена на транспортном средстве (A) на высоте ( $H$ ). Задняя часть автомобиля (B) на расстоянии ( $Z_1$ ) от камеры. Точка связывания между автомобилем и проекцией дороги на плоскость изображения в положении ( $y_1$ ). Фокусное расстояние ( $f$ ) и координаты изображения ( $y$ ), как правило, в миллиметрах и нарисованы здесь не в масштабе. Уравнение 1 может быть получено непосредственно из подобия треугольников:  $\frac{y}{f} = \frac{H}{Z}$ . Точка контакта между более отдаленным автомобилем (C) и дорожной проекцией на плоскость изображения в положение ( $y_2$ ), меньше, чем ( $y_1$ ).

Электроника камеры преобразует координаты изображения из миллиметров до пикселей и переворачивает изображение обратно в вертикальное положение для обработки. Для определения расстояния до автомобиля, мы должны сначала обнаружить точку соприкосновения между автомобилем и дорогой (т.е. колес), а затем мы можем вычислить расстояние до средства передвижения:



$$Z = \frac{fH}{y} \quad (2)$$

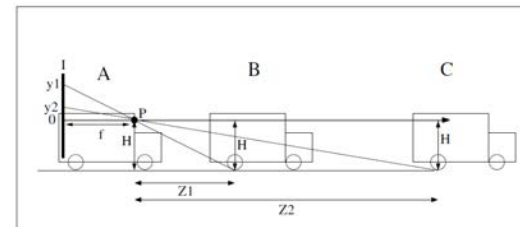


Рисунок 2: Принципиальная схема геометрии изображения

На практике оптическая ось камеры не ориентирована параллельно поверхности дороги. Таким образом, линия горизонта не в центре изображения. Оба устанавливаемых угла и изменение шага угла вследствие движения транспортного средства могут быть определены способом, описанным в [2]. Не планарность может быть компенсирована для первого порядка путем анализа полосы движения [3]. После компенсации угла камеры и уклона дороги в изображении основным источником ошибки является определение координат соприкосновения точки между автомобилем и дорогой. Ошибка в расстоянии  $Z_{err}$  из-за ошибки  $n$  -пикселей в месте точки контакта составляет:

$$Z_{err} = Z_n - Z = \frac{fH}{y+n} - Z = \frac{fH}{\frac{fH}{Z} + n} = \frac{nZ^2}{fH + nZ} \quad (3)$$

Обычно  $n \approx 1$  и  $fH \gg nZ$  тогда получаем:  $Z_{err} \approx \frac{nZ^2}{fH}$  (4)

#### Оценка расстояния

С радиолокационной системой оценку расстояния или относительной скорости можно измерить с помощью эффекта Доплера. С системой зрения это вычисляется из дискретного дифференцирования:

$$v = \frac{\Delta Z}{\Delta t} \quad (5)$$

Вычитание двух шумных значений для  $Z$  в двух различных временных точках не могут произвести точные измерения.  $\Delta Z$  может быть вычислена по шкале изменений (s), а именно: изменение размера изображения, и расстояния ( $Z$ ). Дискретная разница вносит погрешность за несоблюдение бесконечно малых  $\Delta t$ , которые ограничивает нашу точность. В дальнейших работах необходимо добиться оптимального значения  $\Delta t$ .

#### Эксперименты и результаты

Для экспериментов обнаружения точки соприкосновения колес и дороги использовался анализ оптико-потока и метод вычитания фона. Рисунок 2 показывает несколько кадров из типичной последовательности, где хозяин транспортного средства приближается к более медленному автомобилю. На рисунке



2б) отчетливо видно, что в месте соприкосновения колес и дороги вектора не проявляют динамику и поэтому данный подход не применим для обнаружения. На рисунке 2в) фиксируются изменения не в месте соприкосновения и поэтому этот подход также не пригоден для целей обнаружения.



Рис.2. а) обычная последовательность из шоссе.  
Применение методов: б) опико-поток, в) вычитание фона

### Выводы

И диапазон и оценка диапазона может быть оценены из одной камеры используя законы перспективы. Это может быть сделано, потому что мы имеем дело с ограниченной окружающей средой: камера на известной высоте от почти плоской поверхности и объекты интереса (другие транспортные средства) лежат на этой плоскости, однако такие методы как анализ опико-потока и вычитание в рамках данной задачи не применимы. В следующих работах будут рассмотрены другие подходы решающие поставленную задачу.

### Литература

1. Мокшин В.В., Сайфудинов И.Р., Кирпичников А.П., Шарнин Л.М. Распознавание образов транспортных средств на основе эвристических данных и машинного обучения. Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т.19. № 5.-с.130-138.
2. G. Stein, O. Mano and A. Shashua. A robust method for computing vehicle ego-motion, In IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV2000), Oct. 2000, Dearborn, MI
3. C. Kreucher, S. Lakshmanan and K. Kluge A driver warning system based on the LOIS lane detection algorithm, In IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV1998), Oct. 1998, Stuttgart
4. Сайфудинов И.Р., Мокшин В.В., Кирпичников А.П. Много классовое обнаружение и отслеживание транспортных средств в видеопоследовательности. Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т.17. № 5.-с.348-356.
5. National Transportation Safety Board, Special Investigation Report - Highway Vehicle- and Infrastructure-based Technology For the Prevention of Rear-end Collisions. NTSB Number SIR-01/01, May 2001
6. Сведения о показателях состояния безопасности дорожного движения/Интернет-ресурс:  
[http://www.gibdd.ru/stat/files/fdtp/1602/1100/1100\\_5.xls](http://www.gibdd.ru/stat/files/fdtp/1602/1100/1100_5.xls)



В.А. Семенова<sup>1</sup>, С.В. Смирнов<sup>2</sup>

### СЕМАНТИЧЕСКАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ОБЪЕКТА В ЗАДАЧАХ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

(<sup>1</sup> Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва,

<sup>2</sup> Институт проблем управления сложными системами РАН)

В информационных технологиях (ИТ) под идентификацией обычно подразумевается именованное сущностей с целью из различения (см., например, [1]). Резонно считать, что это - понимание идентификации в узком смысле. В представляемой работе используется трактовка, закрепившаяся в области моделирования и управления в сложных системах, где идентификация рассматривается как построение математических моделей реальных объектов, процессов, систем по экспериментальным данным [2]. Более того, с тем естественным допущением, что целью идентификации в широком смысле может быть извлечение из экспериментальных данных и содержательно-описательных, смысловых (семантических) моделей [3].

В этом контексте очевидна связь семантической идентификации с таким ответственным этапом исследований и разработок как концептуальное моделирование: в обоих случаях производится абстрагирование существа наблюдаемых в актуальной предметной области (ПрО) объектов и их взаимосвязи. А концептуальное моделирование – важнейший «передел» в ИТ, составляющий квинтэссенцию проектирования БД, формирования структуры классов в задачах объектно-ориентированного программирования, начальных этапов имитационного моделирования, разработки формальных онтологий и т.д.

Фундаментальная задача семантической идентификации объекта – выявление на основе экспериментальных данных состава свойств объекта ПрО. Нетривиальность этой задачи в общем случае объясняется генезисом используемого эмпирического материала: субъективным характером комплектования измерительных процедур (источников данных); использованием конгруэнтных (независимых, но измеряющих одно и то же) процедур с различным доверием субъекта к результатам измерения; объективным ограничением динамических диапазонов любых измерительных средств (от чувственного восприятия до приборных измерений); выполнением независимых серий измерений, включающих сбои и отказы от измерения.

Обработка подобных данных позволяет получить лишь совокупность «мягких» оценок истинности (согласно какой-либо многозначной логике) суждений о присущности объекту того или иного измерявшегося свойства, или, по-другому, базовых семантических суждений (БСС) об объекте [4]. Переход к целевому результату – множеству оценок истинности БСС в шкале {Исти-



на, **Ложь** – путем использования порогового уровня доверия в общем случае фиксирует априори недопустимый состав свойств объекта.

Действительно, неучтенными оказываются существующие зависимости между измеряемыми свойствами (ограничения сосуществования свойств), характерными типами которых являются обусловленность (имея свойство  $x$ , объект обязательно обладает и свойством  $y$ , но обратное неопределенно) и несоместимость (имея свойство  $x$ , объект заведомо лишен свойства  $y$ , и наоборот) [5].

Теоретически возможно найти область (возможно, пустую) существования порогов доверия, обеспечивающих корректную бинарную аппроксимацию множества «мягких» оценок истинности БСС, однако сковывание субъекта необходимостью выбирать порог только из указанной области весьма непрактично. Взамен предлагается следующая эвристика: субъект свободен в выборе порога, а соответствующее порогу и в общем случае недопустимое множество свойств объекта последовательно сокращается путём отсечения на каждом шаге свойства, нарушающего ограничения сосуществования, причём основным критерием выбора свойства для отсечения служит минимальное ужесточение порога, установленного субъектом. Справедливо

Утверждение 1. Эвристический алгоритм семантической идентификации объекта результативен.

Действительно, либо на некотором шаге алгоритма фиксируемое множество свойств объекта начнёт удовлетворять ограничениям сосуществования (заметим, что пустое множество свойств им удовлетворяет, правда тогда объект приходится квалифицировать как неопознанный), либо будет констатировано, что в исходных «мягких» оценках истинности БСС имеется неустранимое противоречие: имеются изначально истинные в классической (аристотелевской) логике суждения, нарушающие априорные ограничения сосуществования свойств.

Известно, что фундаментальной когнитивной процедурой концептуального моделирования, обеспечивающей структуризацию данных о ПрО, служит концептуальное шкалирование [6] - субъективное «расщепление» фактического диапазона измерения некоторого первичного свойства (протосвойства) на непересекающиеся области – домены значений новых измеряемых свойств объектов ПрО. Поскольку концептуальное шкалирование целенаправленно производится для фиксации в концептуальных моделях субъективно вводимой неоднородности объектов ПрО, то естественным условием сосуществования каждой такой новой группы свойств становится их парная несоместимость, или концептуальная сопряженность [7]. В условиях концептуального шкалирования протосвойств справедливо

Утверждение 2. Эвристический алгоритм семантической идентификации объекта целесообразно разделить на две стадии. Сначала предлагаемым методом следует обработать все группы концептуально сопряженных свойств с принципиальным условием сохранения у объекта не более одного свойства из каждой группы. Затем тем же методом совместно обрабатываются результаты



первой стадии и исходные данные, характеризующие «нерасщеплённые» протосвойства.

Чтобы убедиться в справедливости приведенного утверждения необходимо прежде указать на «условную транзитивность» отношения несоместимости свойств: если свойство  $x$  обуславливает свойство  $y$ , а  $y$  несоместимо со свойством  $z$ , то  $x$  и  $z$  несоместимы. После этого становится ясно, что выполнению эвристического алгоритма в одну стадию препятствует ситуация, когда согласно ограничениям сосуществования протосвойств некоторые из них являются обусловленными и в то же время «расщеплёнными». Каждое такое сочетание порождает на множестве измеряемых свойств  $n$  оригинальных вариантов бинарного отношения обусловленности, где  $n$  – объём группы концептуально сопряженных измеряемых свойств, на которые «расщеплено» обусловленное протосвойство объекта. Поэтому одностадийная стратегия реализации предложенного метода по необходимости должна предусматривать конструирование и обработку прямого произведения всех вариантов ограничений сосуществования измеряемых свойств с последующим сопоставлением получаемых результатов, что нельзя признать рациональным.

Представленный эвристический алгоритм семантической идентификации объекта входит в методический комплекс для извлечения формальных онтологий из эмпирических объектно-признаковых данных о ПрО [4], и реализован в создаваемой программной лаборатории онтологического анализа данных.

## Литература

1. Родионов А.Н. Семантическая идентификация, конфигурирование и моделирование типов сущностей в моделях данных [Текст] / А.Н. Родионов. – Новосибирск: Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. - 2009. - Т. 12, выпуск 1. – С. 64-78.
2. Лаборатория идентификации ИПУ РАН [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ipu.ru/node/11912>
3. Гаврилова Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем [Текст] / Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский. – СПб.: Питер, 2000. - 384 с.
4. Семенова В.А. Модели и методы интеллектуального анализа неполных данных для построения формальных онтологий [Электронный ресурс]: Материалы Международной конференции и молодежной школы (29 июня-1 июля 2015 г., Самара, Россия) / В.А. Семенова, С.В. Смирнов. - Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2015. – С. 194-198.
5. Lammari, N. Building and maintaining ontologies: a set of algorithms [Текст] / N. Lammari, E. Metais // Data & Knowledge Engineering. 2004, 48(2): 155-176.
6. Formal Concept Analysis Homepage [Электронный ресурс] – URL: <http://www.upriss.org.uk/fca/fca.html>
7. Офицеров В.П. Метод альфа-сечения нестрогих формальных контекстов в анализе формальных понятий [Текст] / В.П. Офицеров, В.С. Смирнов, С.В. Смирнов // Проблемы управления и моделирования в сложных системах:



Труды XVI междунар. конф. (30 июня - 03 июля 2014 г., Самара, Россия). – Самара: СамНЦ РАН, 2014. - С. 228-244.

В.А. Серов, Н.И. Лиманова

## ПОИСКОВЫЙ ИНФОРМАЦИОННО-БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ WEB-СЕРВИС С ЭЛЕМЕНТАМИ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ

(Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)

В настоящее время библиотеки активно используют в своей работе информационные технологии. Например, для автоматизации системы учёта фондов библиотек применяются автоматизированные информационные системы (АИБС). АИБС – это пакет программ с существенно разветвлённой структурой, созданный в СУБД. Ввиду отсутствия элементов нечёткой логики в стандартных WEB-сервисах поисковых информационно-библиографических систем выборка данных по запросу пользователя сопровождается определёнными трудностями. Например, при допущении орфографических ошибок в фамилии автора или неверно набранном названии книги стандартный WEB-поиск АИБС не сможет выполнить полноценную выдачу информации или вернёт нулевой результат.

Для уменьшения этого негативного фактора в разработанном WEB-сервисе был применён алгоритм, включающий в себя модель нечёткой логики. Для устранения девиаций, вызванных орфографическими ошибками в запросе, в предлагаемом алгоритме используются механизм вычисления редакционного расстояния и созвучия слов. Для многословных запросов, таких, как названия книг, используется разбиение запроса на элементарные составляющие — отдельные слова. Совокупность найденных результатов сверяется на идентичность, и на этом основании komponуется таблица упоминаний элементов. При превышении порога упоминаний результат считается найденным и отображается пользователю. Данный подход позволяет существенно увеличить процент удачных выборок при использовании нечётких запросов. Однако возрастает также и процент неверно найденных изданий. Для увеличения релевантности выборки данных из базы данных применён алгоритм, выполняющий поэтапный поиск документов.

Данный алгоритм выполняется в следующем порядке:

- 1) поиск точного соответствия запросу;
- 2) поиск соответствия при частичном совпадении правой части запроса;
- 3) поиск соответствия при частичном совпадении левой части запроса;
- 4) фильтрация результатов с помощью алгоритма нечёткого поиска на основе расстояния Левенштейна;
- 5) разбивка запроса на элементарные составляющие (слова);
- 6) поиск сочетаний пар слов;



- 7) составление таблицы соответствия;
- 8) получение данных из СУБД с использованием таблицы соответствия;
- 9) выдача результатов.

Такой подход не аннулирует полностью выдачу нерелевантных результатов, но существенно сокращает их и помогает выполнить сортировку результатов в порядке уменьшения соответствия. Алгоритм подразумевает множество циклических запросов и существенный объём баз данных, откуда производится выборка. Поэтому для уменьшения затрат процессорного времени на выполняемый запрос было решено не только перенести таблицы АИБС в СУБД MySQL, но и оптимизировать их перед использованием в разработанном WEB-сервисе. Оптимизация заключалась в сокращении количества таблиц по сравнению с оригинальными таблицами путём отказа от второстепенных и частичном объединении нескольких таблиц с учётом обеспечения соответствия базы данных первым трём законам нормализации формы. В результате таких манипуляций удалось получить работоспособный поисковый информационно-библиографический WEB-сервис, содержащий элементы нечёткой логики.

Главным недостатком стандартных WEB-сервисов, являющихся частями АИБС (таких, как Мега-ПРО, Ирбис, Марк-SQL) является требование использования выделенных серверов под управлением операционных систем семейства Windows и прав администраторов. Это существенно ограничивает использование таких сервисов библиотечными организациями. Поселенческие библиотеки, библиотеки малых городов и другие малобюджетные библиотеки не только не в состоянии оплатить или использовать выделенный сервер, но и просто не имеют в этом необходимости ввиду малой базы данных (в пределах 100 – 150 тыс. записей). Для решения этой проблемы разработанный WEB-сервис для программной реализации алгоритма использует язык PHP, а для хранения информации – систему управления базами данных MySQL. Это позволяет расширить ареал применения WEB-сервиса и использовать его под управлением более широкого спектра операционных систем. Кроме того, низкие требования к системным ресурсам позволяют разместить его на арендованной хостинг-площадке. Заинтересованность малобюджетных организаций в таком алгоритме достаточно велика, а реализация его в универсальном формате позволяет использовать данную разработку в самом широком спектре поисковых WEB-сервисов.

Установка WEB-сервиса заключается в обычном копировании набора файлов \*.php на хостинг. Перенос информации из базы данных АИБС в СУБД MySQL возможен средствами доступными для пользователя. Например, с помощью условно-бесплатной программы dbForge Studio for MySQL. WEB-сервис с элементами нечёткой логики реализован и доступен по адресу <http://biblioteka-nsk.ru>. Он успешно выполняет поиск изданий по фонду библиотечной сети г. Новокуйбышевска.

Вышеизложенный подход к реализации поискового информационно-библиографического WEB-сервиса делает возможным применение такой



модели поиска в различных сферах, где есть потребность в on-line поиске по различным базам данных. Например, одновременно с внедрением разработанного поискового WEB-сервиса выполняется интеграция вышеизложенного алгоритма в WEB-сервис электронного каталога музейных экспонатов историко-краеведческого музея Волжского района. Заинтересованность малобюджетных организаций в таком алгоритме достаточно велика, а реализация его в универсальном формате позволяет использовать данную разработку в самом широком спектре поисковых WEB-сервисов.

Е.В. Симонова, Д.Е. Мишутин

#### РАЗРАБОТКА МЕТОДА СОЗДАНИЯ ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ОНТОЛОГИИ ОБОРУДОВАНИЯ МАЛЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ УСЛУГ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

##### Введение

В настоящее время расширяется сфера применения данных, получаемых из космоса. Одной из перспективных тенденций в космической отрасли является создание многоспутниковых орбитальных группировок, состоящих из малых космических аппаратов (МКА), способных значительно расширить нишу потребительских сервисов, по сравнению с реализуемыми в настоящее время. Для обеспечения целевого функционирования создаваемых орбитальных группировок и повышения качества предоставляемых услуг возникает необходимость использования современных схем взаимодействия с потребителями в сочетании с организацией эффективного планирования и управления ресурсами группировки МКА в режиме реального времени.

Один из новых подходов в сфере управления и планирования ресурсов связан с применением мультиагентных технологий и онтологий. Онтологии используются в качестве основы базы знаний о ключевых понятиях предметной области и связях между ними, этим обеспечивается единство терминологии и предоставляется возможность расширения знаний системы в случае появления новых концептов и связей, а также появляется возможность формально специфицировать ситуации в реальности.

##### Постановка задачи

Основная задача – разработка метода создания онтологии оборудования малых космических аппаратов для организации интеллектуального процесса предоставления услуг в реальном времени. Онтология должна позволять описывать знания о предметной области, строить концептуальные модели космической деятельности, формировать модели ситуаций (сцены), используемые для



ситуационного управления в интеллектуальных системах поддержки принятия решений на основе мультиагентных технологий, базирующихся на принципах самоорганизации и эволюции.

##### Язык представления онтологий OWL

В последнее время языки представления онтологий получают все более интенсивное развитие в связи с общим процессом «семантизации» веб. В рамках этого процесса каждый информационный ресурс Интернет должен получить свой семантический дескриптор на основе изначально заданной общей онтологии для того, чтобы позволить программам более содержательно использовать его информацию.

Язык описания онтологий должен удовлетворять следующим требованиям:

- быть достаточным для описания концептов предметной области;
- быть легко используемым на существующих платформах;
- давать возможность неспециалистам легко строить концептуальные модели.

Язык веб-онтологий OWL – это язык для определения и представления веб-онтологий [1]. Веб-онтология может включать описания классов, свойств и их примеры. Формальная семантика OWL описывает, как получить логические следствия, имея такую онтологию, т.е. получить факты, которые не представлены в онтологии буквально, но следуют из ее семантики. Эти следствия могут быть основаны на одном документе или множестве распределенных документов, которые комбинируются с использованием определенных механизмов OWL.

##### Классификация онтологий по назначению

На современном этапе развиваются следующие типы онтологий:

- 1) **Онтология представления.** Целью создания такой онтологии является описание области представления знаний, составление языка для спецификации других более детализированных онтологий. Например, описание понятий языка OWL средствами языков RDF/RDFS.
- 2) **Онтология предметной области.** Другое название – онтология домена. Область ее применения ограничена одной предметной областью, например, авиация, медицина, культура, и т.п. Онтология предметной области обобщает понятия, использующиеся в некоторых задачах домена. Во многих дисциплинах сейчас разрабатываются стандартные онтологии, которые могут использоваться экспертами для совместного аннотирования информации по своей тематике.
- 3) **Прикладная онтология.** Назначение такой онтологии состоит в создании концептуальной модели, используемой при решении конкретной задачи или при работе некоторого приложения. Прикладные онтологии описывают понятия, которые зависят как от онтологии задач, так и от онтологии предметной области. Для реализации поставленной задачи был выбран прикладной тип онтологии.



## Реализация метода создания предметно-ориентированной онтологии оборудования МКА

Был разработан метод создания онтологии оборудования малых космических аппаратов на основе прикладной онтологии сенсоров, разработанной рабочей группой W3C Semantic Sensor Network Incubator Group (W3C SSN), которая предложила общую и независимую от предметной области модель, онтологию SSN, совместимую со стандартами Open Geospatial Consortium (OGC) в части сенсоров и их показаний [2]. Онтология SSN может рассматриваться и использоваться для представления различных свойств элементов реального мира. Например, она может быть использована для описания сенсоров, а именно того, как они функционируют и обрабатывают внешние возбуждения или сигналы. На базе онтологии SSN составлена модель представления знаний для описания тактико-технических характеристик оборудования МКА, а также услуг, которые может предоставлять оборудование. Онтологическая модель описания оборудования МКА представлена на рисунке 1.

Структура данной модели описывается через язык OWL, который определяет такие понятия как класс (Class), отношения (Property), индивид (Individ). На рисунке 1 прямоугольниками обозначены классы, а стрелками отношения между ними.

**Class: Услуга.** Данный класс описывает структуру для представления одной услуги. Услуга представляет собой контекст, включающий описание объекта интереса, свойства объекта интереса, оборудование для получения данных о свойствах объекта интереса и процедуру наблюдения интересующего свойства. В рамках выполнения одной услуги можно получить данные о единственном свойстве объекта интереса. Предоставление услуг для различных объектов интереса или получения значения нескольких свойств одного объекта интереса должно быть представлено в виде составного свойства, либо составного объекта интереса.

**Class: Оборудование.** Данный класс описывает структуру для представления конкретного оборудования. Оборудование – это любое устройство, способное обеспечить процесс наблюдения интересующего свойства объекта наблюдения.

**Class: Процесс наблюдения.** Данный класс в модели предоставления услуг оборудованием МКА описывает процедуру получения оборудованием результата в процессе наблюдения за выбранным свойством объекта интереса. Экземпляры данного класса должны описывать процедуру работы оборудования по трансформации выбранного свойства объекта интереса в пригодный для обработки и передачи машинным способом вид.

**Class: Объект интереса.** Данный класс описывает явление в реальном мире, информация о свойствах которого представляет интерес для пользователя.

**Class: Свойство объекта.** Данный класс описывает свойства объекта, которые могут быть наблюдаемыми конкретными типами оборудования.

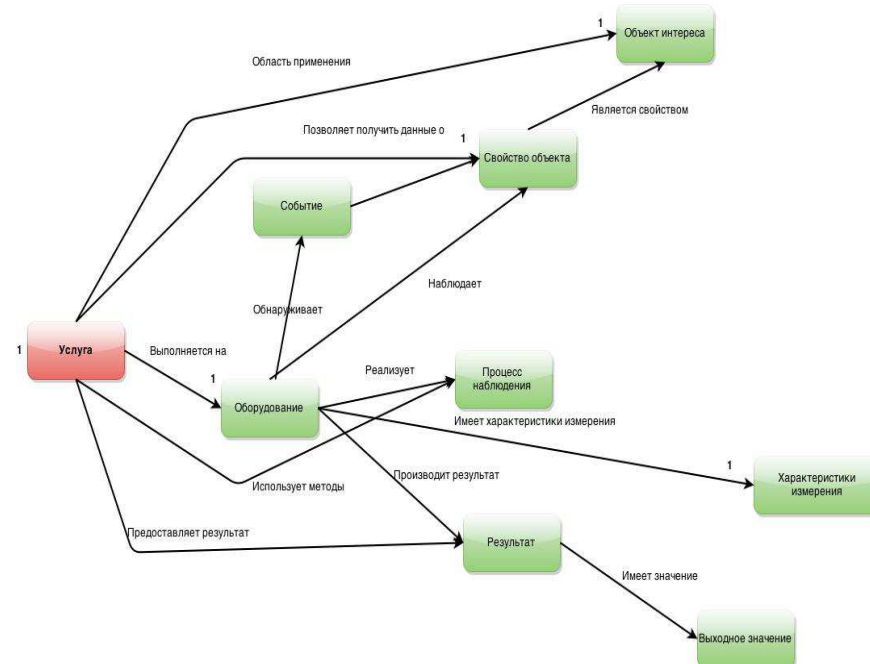


Рисунок 1 – Онтологическая модель описания оборудования МКА

## Заключение

Разработан метод создания предметно-ориентированной онтологии на основе формализации заданной предметной области. Для метода разработана структура и содержание основных аксиом и запросов, описана базовая структура концептов на языке описания онтологий OWL.

## Литература

1. OWL Working Group. Web Ontology Language (OWL) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.w3.org/2001/sw/wiki/OWL>
2. W3C Semantic Sensor Network Incubator Group. Semantic Sensor Network Ontology [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.w3.org/2005/Incubator/ssn/ssnx/ssn>





Е.В. Симонова, Д.А. Новиков

## СИНХРОНИЗАЦИЯ WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ И БАЗЫ ДАННЫХ В МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЕ ЦЕЛЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

### Введение

В связи с ростом числа использования веб-приложений для отображения данных и постепенным отказом от старых способов отображения информации, например, форм в C# и Swing в Java, проблема синхронизации современных веб-приложений и информации, хранящейся в базах данных (БД), становится все более актуальной.

### Постановка задачи синхронизации web-приложения и БД в акторной системе

Имеется база данных, браузер клиента, клиент использует некоторое web-приложение. Необходимо показать, каким образом в окно web-приложения, открытое во вкладке браузера клиента, передаются сообщения об удалении, добавлении, изменении информации в БД. Взаимодействие между web-приложением и БД организовано через web-сервер. Архитектура системы представлена на рисунке 1.

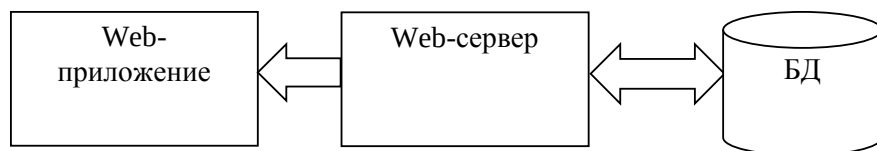


Рисунок 7 – Архитектура системы

Связь между web-приложением и web-сервером осуществляется посредством технологии WebSocket [1], которая идеально подходит для пересылки небольших сообщений. Веб-сервер написан на языке Java и основан на фреймворке Akka [2], в основе которого лежит модель акторной системы.

Синхронизацию web-приложения и базы данных должен осуществлять web-сервер. Следовательно, все изменения в акторной системе, т.е. добавление или удаление объектов (акторов) и изменение внутренних состояний (свойств) акторов, должны сохраняться в БД и одновременно отсылаться web-приложению. Для базы данных определены следующие типы акторов: спутники, объекты наблюдения, пункты приема информации. Типы акторов описываются с помощью таблиц, строки которых соответствуют акторам, состояния акторов определяются значениями строк таблиц.



### Описание акторов в акторной системе web-приложения

В процессе инициализации web-сервера загружаются следующие данные из БД:

- 1) список спутников;
- 2) список объектов наблюдения;
- 3) список пунктов приема информации.

Для каждого объекта из каждого списка создается уникальный актор с параметрами каждого объекта.

Так как акторная система web-приложения в целом достаточно сложна и объемна, в рамках решаемой задачи имеет смысл рассмотреть только следующие акторы:

- 1) DBActor – актор взаимодействия с БД, осуществляющий операции запроса, добавления, изменения и удаления данных непосредственно из БД;
- 2) WebActor – актор взаимодействия с web-приложением, осуществляющий отправку событий на web-сокеты (WebSocket).

Все акторы имеют доступ к единой шине событий (EventBus) и могут осуществлять ее прослушивание путем создания слушателя шины событий (EventBusListener), который регистрируется у шины событий посредством вызова метода Subscribe и передачи себя в качестве параметра. Акторы могут также генерировать произвольные события (Event) и отправлять их по шине событий.

### Принцип взаимодействия акторов на стороне web-сервера

При создании нового объекта (актора) генерируется событие создания (CreateEvent) и отправляется по шине событий. Другие акторы, подписавшиеся на прослушивание шины событий, получают это событие. Акторы, получившие событие, должны определить, отвечают ли они за его обработку, путем сравнения типа события с типом, явно прописанным в них программистом, и при необходимости произвести действия, соответствующие каждому событию.

При изменении внутренних свойств актора происходит генерация события изменения (ChangeEvent) и отправка его на шину событий. Заинтересованные в этом событии акторы произведут соответствующие действия.

### Принцип взаимодействия окна web-приложения и web-сервера

Каждое окно web-приложения, открытое в отдельной вкладке web-браузера, полностью независимо от других окон, открытых в соседних вкладках. Синхронизация осуществляется не между web-приложением в целом и web-сервером, а между окном web-приложения и web-сервером.

Каждое открытое окно создает своего слушателя и регистрирует его на прослушивание web-сокета, и подобно акторам в акторной системе, окна получают события и производят соответствующие им действия.

### Решение задачи синхронизации

Например, был создан новый объект Спутник (SatteliteActor). При создании он сгенерировал событие (CreateSatteliteEvent) и отправил его на шину событий.



На прослушивание шины событий были подписаны DBActor и WebActor. Соответственно, каждому из них пришло событие добавления нового объекта. Актор DBActor по типу события произвел добавление новой строки в таблицу Спутники. В тот же момент, асинхронно с ним, актор WebActor сгенерировал новое событие и отправил его на web-сокеты. Окна web-приложения, которые подписались на прослушивание web-сокета, получили данное событие и произвели соответствующие действия.

В случае изменения свойств Спутника будет сгенерировано событие (ChangeSatteliteEvent), агенты DBActor и WebActor выполнят соответствующие действия – DBActor изменит записи в таблицах, а WebActor уведомит окна, подписавшиеся на это событие, об изменении свойств Спутника.

#### **Заключение**

Была решена проблема синхронизации данных между web-приложением и базой данных для мультиагентной системы целевого планирования космических аппаратов дистанционного зондирования Земли с помощью взаимодействия акторов.

#### **Литература**

- 1) WebSocket. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/WebSocket>
- 2) Akka. – Режим доступа: <http://akka.io/>

Е.В. Симонова, Д.А. Проценко

### **МУЛЬТИАГЕНТНЫЙ ПОДХОД К ПЛАНИРОВАНИЮ ПОЛЁТНЫХ ОПЕРАЦИЙ**

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

#### **Введение**

Задача планирования является сложно организуемой и нелинейно возрастающей с увеличением числа участников, возможных ограничений и критериев эффективности. В космической промышленности также существенным фактором является надёжность и требование быстроты реакции на те или иные события. Грамотное планирование необходимо для эффективного выполнения задач, а в условиях космической экспедиции требуется также соблюдать размещение определённых цепочек операций и их длительность.

В настоящее время разработана и введена в эксплуатацию автоматизированная система планирования программы пролёта и грузопотока российского сегмента МКС (АСП РС МКС) [1, 2]. Эта система имеет модульную архитектуру, использует единую базу данных полётных операций и планов. Она позволяет создавать планы на разных уровнях иерархии (номинальный план полёта, общий план сопровождения, детальный план полёта), а также анализировать программу выполнения полёта.



В частности, для генерации детального плана полёта реализован модуль, использующий генетический алгоритм для оптимизации плана по фиксированным критериям эффективности.

Тем не менее, появилась потребность в его сравнительном анализе с другим методом, использующим мультиагентные технологии для планирования ресурсов.

#### **Постановка задачи**

Требуется разработать модуль для создания детального плана полёта, использующий мультиагентные технологии и реализующий планирование полётных операций с учётом следующих критериев эффективности:

1. Максимизация загрузки члена экспедиции (ЧЭ), т.е. данный ресурс должен иметь минимальные промежутки незанятости.
2. Максимальная эффективность распределения полётных операций по компетенциям, т.е. полётные операции должны быть запланированы на ресурсы с компетенцией не ниже требуемой.
3. Более приоритетные полётные операции вытесняют менее приоритетные, т.е. в случае невозможности запланировать все исходные полётные операции, необходимо отдавать предпочтение тем, у кого приоритет выше.

#### **Методы решения**

Для планирования предлагается использовать мультиагентный подход, заключающийся в представлении всех участников процесса в виде агентов – автономных программных объектов, имеющих определённую цель.

Каждый из сущностных агентов, представляющих интересы какой-либо сущности в предметной области, является либо агентом потребности (агент полётной операции), либо агентом возможности (агент средства связи S-band). Таким образом происходит формирование ПВ-сети – сети потребностей-возможностей, в которой будет происходить формирование плана удовлетворения всех потребностей путём переговоров агентов друг с другом.

Полётная операция (ПО) – структура, описывающая выполняемые ЧЭ действия с использованием фиксированной группы принадлежности и, опционально, средств связи (СС).

Группа принадлежности – термин, объединяющий в себе назначение ПО. Может являться бортовой системой или космическим экспериментом.

Средство связи – ресурс, используемый во время исполнения ПО.

Компетенция ЧЭ – вид ограничения, при котором для выполнения ПО требуется не фиксированный ЧЭ, а имеющий некий уровень компетенции, которая привязывается к определённой группе принадлежности.

Каждая ПО содержит:

- название (полное и краткое);
- длительность (в минутах);
- приоритет – числовое значение от 1 до 10, где 1 – высший;
- флаг обязательности, доступный только для ПО с приоритетом 10, означающий возможность исключения из плана в случае конфликтов;



- фиксированное время начала и окончания, либо их интервалы, в пределах которых необходимо разместить ПО;
- группа принадлежности;
- требования к члену экспедиции: фиксированный ЧЭ, либо уровень компетенции, ниже которого доступ к ПО запрещён;
- список необходимых для ПО средств связи;
- ссылки на предыдущую/следующую ПО в цепочке.

Кроме отдельных ПО, в исходных данных также встречаются цепочки ПО, состоящие из нескольких ПО, объединённых смысловыми или техническими особенностями и содержащими в себе связь вида Старт-Старт. При описании такого рода связи помимо указания участников необходимо добавить ограничения минимума и максимума для интервала задержки выполнения ПО между собой.

Для формирования сцены планирования специальным агентом сцены предварительно создаются исходные данные, содержащие: горизонт планирования, список описанных ПО, список доступных ресурсов, содержащих календари доступности, список связей между ПО.

Процесс работы планировщика включает 3 этапа: импорт исходных данных, планирование, экспорт результата.

#### 1) Импорт данных.

Поскольку для одной ПО может требоваться как несколько ЧЭ, так и несколько СС, желательно разбить каждую ПО на несколько атомарных задач, с требованием какого-то одного ресурса. Подобное преобразование влечёт за собой требование соблюдения критериев целостности ПО: все внутренние задачи одной ПО должны быть запланированы одновременно и параллельно, т.е. время начала/окончания для каждой задачи и ресурса одинаковы.

#### 2) Планирование задач.

Для этого этапа необходимо описать стратегии поиска свободного места у ресурса, а также учёт нормализованных критериев эффективности. При запуске плоского планирования ПО происходит старт переговоров агентов между собой (рисунок 1).

#### 3) Экспорт результата.

После завершения активной части плоского планирования ПО, формируется план, элементы которого содержат ПО и время начала/окончания. Далее этот план можно экспортировать в результирующий файл для последующей обработки и визуализации.

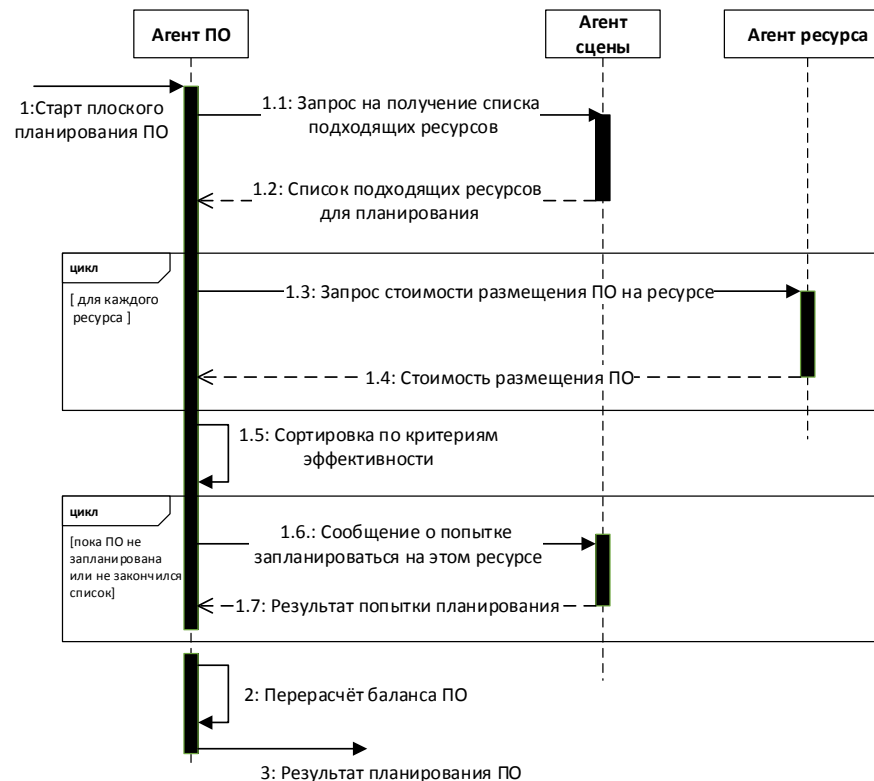


Рисунок 1 – Диаграмма последовательности плоского планирования

#### Заключение

Представлен мультиагентный подход к решению задачи планирования полётных операций на множестве ресурсов с учётом ограничений и использованием трёх критериев эффективности. Он позволяет применить концепцию агентного программирования и в дальнейшем расширить возможности планирования, путём создания проактивного поведения для агентов и продолжающегося улучшения плана по мере поступления событий или изменения существующих параметров.

#### Литература

1. О.И. Лахин. Анализ событий адаптивного планирования грузопотока российского сегмента Международной космической станции // Информационно-управляющие системы. – 2015. №6(79). – С. 19-27.

2. Лахин О.И. Особенности реализации интерактивной мультиагентной системы построения программы полета, грузопотока и расчета ресурсов



Российского сегмента Международной космической станции // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2016. №1. Т.17. – С. 42–46.

К.В. Ситников, П.В. Ситников

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫМИ АРХИВАМИ КАК ЭЛЕМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ЗНАНИЯМИ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

(ООО «Открытый код»)

**Аннотация.** В статье рассматриваются описание, структура и особенности интеллектуальной системы управления электронными архивами. Выделены уникальные преимущества использования интеллектуальной системы управления электронными архивами.

**Ключевые слова:** архив, информационная система, семантический поиск, интеллектуальная система, электронный архив, интеллектуальный поиск, база знаний.

В настоящее время в мире современных информационных технологий практически ни одна организация не может обойтись без электронного архива. Электронные архивы документации существенно экономят время сотрудников, ведь именно благодаря цифровым архивам документы всегда будут находиться под рукой у каждого заинтересованного специалиста.

Перевод документов в электронный вид – это также возможность предотвратить воздействие факторов, нежелательно влияющих на сохранность работ, которые представляют историческую и культурную ценность, и предоставить к их электронным версиям более широкий доступ.

Кроме того, внедрение электронного архива значительно повышает надёжность хранения и доступа к архивным данным всех категорий пользователей

Формирование электронного фонда документов и автоматизация процессов работы с ними позволяет осуществлять создание, управление и работу с электронными архивами государственных и коммерческих организаций, включая интеллектуальный семантический поиск и управление всеми формами представления информации, поддержку принятия решения на основе архивных данных и другие интеллектуальные возможности работы с данными.

Для достижения вышеперечисленных целей существуют программные комплексы, включающие в себя специализированные модули:

1. Универсальный электронный архив изображений, включая 3D-изображения, а также модуль интеллектуального семантического поиска по электронным архивам данных: обеспечивает хранение всех видов материалов и архивных документов с наиболее обширным диапазоном параметров, а также



управление и поиск данных по архиву с учётом семантики пользовательских запросов. Основная идея заключается в том, чтобы предоставить специалистам/руководителям возможность формулировать запрос на естественном языке и получать от системы полный перечень адресной (соответствующей семантике запроса) информации, «знаний». Кроме того, в рамках системы может быть реализован инновационный программный модуль-конвертер для повышения качества и безопасности хранения данных, позволяющий, с одной стороны, в пакетном режиме осуществлять миграцию форматов, данных от старых к новым, а с другой – определять и проводить предварительный анализ форматов данных непосредственно в процессе наполнения архива на предмет соответствия утверждённым политикам хранения данных. Пользователи системы смогут самостоятельно настраивать политики хранения данных таким образом, что старые или неподдерживаемые более форматы будут автоматически преобразовываться программным обеспечением системы в современные форматы.

2. Программное обеспечение в составе интеллектуальной системы поиска и принятия решений.

Важно отметить, рассматриваемая интеллектуальная системы предназначена для использования любыми организациями любых форм собственности, государственными, бюджетными, внебюджетными учреждениями, коммерческими компаниями для организации работы с электронными архивами данных, управления электронными архивами, а также обеспечения поддержки принятия решений за счёт интеллектуального поиска по базам данных электронного архива с пониманием системой семантики пользовательского запроса. Кроме того, внедрение электронного архива на основе интеллектуальной системы предоставляет возможность обеспечить в электронном виде:

- механизм ввода и создания электронных документов;
- просмотр документов;
- печать документов;
- быстрый поиск документов по различным параметрам, как по иерархическому каталогу документации, так и по атрибутам документа;
- разграничение прав доступа к электронным документам;
- невозможность несанкционированного удаления документов;
- надёжность хранения, резервное копирование электронных документов;
- отслеживание истории изменений документов;
- возможность интегрирования с уже существующими системами.

При этом эффективность использования архивного фонда многократно повышается за счёт систематизации больших массивов информации, возможности одновременной работы различных специалистов с одними и теми же документами, быстрого создания и анализа по заданному признаку подборок документов. Также обеспечивается удаленный доступ к документам сотрудников территориально распределённых подразделений. Кроме того, решается проблема сохранения целостности документации, так как при



правильной организации хранения электронных документов невозможна их потеря, удаление и модификация.

Основными преимуществами внедрения интеллектуальной системы управления электронными архивами являются:

- обеспечение высокого уровня управления информационными ресурсами электронного архива;
- обеспечение удобного и интуитивно понятного использования информационного ресурса;
- возможность интеграции с уже существующими информационными системами;
- возможность интегрирование с имеющимися базами данных документов;
- оптимальные требования к серверному оборудованию;
- возможность хранения электронных документов различного типа общим объемом до сотен терабайт;
- использование в качестве автоматизированного рабочего места «тонкого» web-клиента, возможность входа с различных устройств, минимальные требования к рабочим станциям пользователей;
- удобство работы с системой, «дружественный» интерфейс;
- комплексное обеспечение информационной безопасности;
- предоставление возможности по аттестации системы на предмет соответствия требованиям по информационной безопасности, работы с персональными данными и конфиденциальной информацией.

В архитектуру рассматриваемой интеллектуальной системы входят следующие элементы:

- индексная база данных (на свободных решениях Oracle), поддерживающая автоматизированный импорт данных из других баз данных;
- серверная часть подсистемы (Java), включающая в себя сервер приложений и Web-сервер;
- автоматизированное рабочее место пользователя подсистемы (Web-клиент), позволяющее работать с подсистемой с любых устройств, имеющих web-браузер и подключение к сети интернет.

Так же, за счёт использования облачной инфраструктуры станет возможным обеспечение поддержки в актуальном состоянии всей значимой информации, размещенной на облачной платформе. Реализация интеллектуальной системы управления электронными архивами на основе технологии облачных вычислений позволит обеспечить следующие возможности:

- возможность не устанавливать копию программного обеспечения на рабочие места конечных пользователей – доступ к программному обеспечению осуществляется через веб-браузер (веб-доступ) или «тонкий» клиент;
- поддержка всех распространённых веб-браузеров, включая: Microsoft Internet Explorer, Mozilla Firefox, Apple Safari, Google Chrome, Opera, Maxthon, SeaMonkey и другие;



- кросс-платформенность, т.е. работа в разных операционных системах, с разными СУБД, на аппаратных платформах разных производителей.

Все вышеперечисленное свидетельствует о том, что организация единого электронного архива на основе рассматриваемой интеллектуальной системы управления электронным архивом позволит обеспечить электронный документооборот и актуализацию имеющейся электронной информации, а также непрерывность организационных процессов, связанных с использованием архивных документов.

Использование интеллектуальной системы управления электронными архивами будет способствовать достижению следующих научно-технических целей:

- Разработка научно-технического задела по перспективным технологиям в области информационно-телекоммуникационных систем, исследования и разработки по которым осуществляются в соответствии с направлениями стратегической программы исследований Технологической платформы «Национальная программная платформа».
- Создание научно-технических основ построения интеллектуальной программной платформы для создания систем поддержки принятия решений на основе электронных архивов данных.
- Формирование новых знаний в области управления корпоративным контентом за счёт применения передовых технологий Semantic Web и онтологий, а также проектирование и разработка улучшенных программных решений для создания электронных архивов данных.

Указанные цели являются одинаково значимыми как для организаций реального сектора экономики (крупных промышленных или производственных предприятий и др.), так и для органов государственной власти и бюджетных учреждений, работающих с большими массивами данных и/или предоставляющими гражданам государственные услуги в электронной форме.

Кроме того, в основе интеллектуальной системы управления электронными архивами лежат следующие технологии и принципы, способные улучшить функциональные, потребительские, стоимостные и другие показатели в сравнении с имеющимися аналогами:

- Современные технологии Semantic Web (Web 3.0). Технологии семантического веб используются при создании модуля интеллектуального семантического поиска данных по архиву, обеспечивающего возможность пользователям формировать запрос к базе данных электронного архива на естественном языке и на выходе получать лишь ту информацию и «знания», которые максимально точно и полно соответствуют семантике пользовательского запроса.
- Принципы краудсорсинга, реализуемые средствами разрабатываемого программного обеспечения и обеспечивающие возможность привлечения ресурсов «толпы» к переводу архивов в электронный вид.
- Интероперабельность данных при работе и организации хранения



данных в электронных архивах. Реализуется путём создания модуля-конвертера, позволяющего, с одной стороны, в пакетном режиме осуществлять миграцию форматов, данных от старых к новым, а с другой – определять и проводить предварительный анализ форматов данных непосредственно в процессе наполнения архива на предмет соответствия утверждённым политикам хранения данных. Пользователи системы смогут самостоятельно настраивать политики хранения данных таким образом, что старые или неподдерживаемые более форматы будут автоматически преобразовываться программным обеспечением системы в современные форматы.

### Заключение

Организация интеллектуальной системы управления электронными архивами позволяет обеспечивать формирование электронного фонда документов и автоматизация процессов работы с ними, а так же позволяет осуществлять создание, управление и работу с электронными архивами государственных и коммерческих организаций, включая интеллектуальный семантический поиск и управление всеми формами представления информации, поддержку принятия решения на основе архивных данных и другие интеллектуальные возможности работы с данными.

О.П. Солдатов, Д.З. Иваев

### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМОВ ОБУЧЕНИЯ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Целью данной работы является изучение эффективности алгоритмов обучения многослойного персептрона при классификации данных, решение задачи классификации данных на основе модели многослойного персептрона с одним или несколькими скрытыми слоями, сравнение полученных результатов при различных алгоритмах обучения сети.

Сигнал, подаваемый на вход  $i$ -го нейрона  $k$ -го слоя, проходит через сумматор, в котором выполняется взвешенное суммирование элементов входного сигнала:

$$u_i^{(k)} = \sum_{j=1}^m x_j w_{ij}^{(k)}, \text{ где } m - \text{число нейронов } k-1 \text{-го слоя; } i = 1..n_k.$$

В случае входного слоя  $x_j$  –  $j$ -ый компонент вектора входных данных;  $m$  – размерность вектора  $x$ ;  $n_k$  – число элементов в слое  $k$ ;  $w_{ij}^{(k)}$  – соответствующий весовой коэффициент.

Выход каждого элемента рассчитывается по следующей формуле:



$$y_i^{(k)} = f(u_i^{(k)}), \text{ где } f(u_i^{(k)}) = 1/(1 + e^{-\beta x}) \text{ (здесь } \beta = 1).$$

Этап обучения нейронной сети заключается в подборе таких значений весов  $w_{ij}^{(k)}$  для всех слоев сети, чтобы при заданном векторе  $x$ , получить на выходе значения сигналов  $y_i$ , позволяющие определить принадлежность данного вектора к одному из классов. Для решения этой задачи используется градиентный алгоритм наискорейшего спуска с методом обратного распространения ошибки и эвристические алгоритмы RPROP и Quickprop [1].

Смысл градиентного алгоритма наискорейшего спуска с обратным распространением ошибки заключается в вычислении параметра коррекции  $\delta_i$  для каждого элемента нейронной сети  $\delta_i = (y_i - d_i) \frac{\partial y_i}{\partial u_i}$  (в случае выходных нейронов), где  $d_i$  – ожидаемое значение на  $i$ -м выходе, или  $\delta_i^{(k)} = (\sum_j \delta_j^{(k+1)} w_{ji}^{(k+1)}) \frac{\partial y_i}{\partial u_i}$  (для нейронов скрытых слоев  $k$ ), и коррекции весов по формуле  $w_{ij}^{(k)} = w_{ij}^{(k)} + \Delta w_{ij}^{(k)}$ , где  $\Delta w_{ij}^{(k)} = -\eta \delta_i^{(k)} u_j^{(k-1)}$ . Приведенные вычисления выполняются для всех векторов обучающей выборки.

Алгоритмы эвристического типа представляют собой в основном модификацию методов наискорейшего спуска или сопряженных градиентов. Подобные модификации широко известных алгоритмов связаны с внесением в них некоторых изменений, ускоряющих процесс обучения.

Алгоритм QuickProp содержит элементы, предотвращающие заикливание в точке неглубокого локального минимума.

Вес  $w_{ij}$  на  $k$ -ом шаге алгоритма изменяется согласно правилу:

$$\Delta w_{ij}(k) = -\eta_k \left[ \frac{\partial E(w(k))}{\partial w_{ij}} + \gamma w_{ij}(k) \right] + \alpha_{ij}^k \Delta w_{ij}(k-1)$$

Коэффициент  $\gamma$ , обычно имеющий малую величину (порядка  $10^{-4}$ ), приводит к уменьшению весов вплоть до разрыва соответствующих взвешенных связей.

Константа  $\eta_k$  – в данном алгоритме может иметь ненулевое значение  $\eta_0$  (как правило,  $0.01 \leq \eta_0 \leq 0.6$  на старте процесса обучения, когда  $\Delta w_{ij}(k-1) = 0$

или когда  $\Delta w_{ij} \left[ \frac{\partial E(w(k))}{\partial w_{ij}} + \gamma w_{ij}(k) \right] > 0$ , либо нулевое значение – в противном случае. Фактор момента коэффициент подбирается индивидуально для каждого веса по правилу:

$$\alpha_{ij}^k = \begin{cases} \alpha_{\max}, & \text{где } \beta_{ij}(k) > \alpha_{\max}, \\ \beta_{ij}(k), & \text{где } S_{ij}(k) \Delta w_{ij}(k-1) \beta_{ij}(k) < 0; \end{cases}$$

причем:

$$S_{ij}(k) = \frac{\partial E(w(k))}{\partial w_{ij}} + \gamma w_{ij}(k), \quad \beta_{ij}(k) = \frac{S_{ij}(k)}{S_{ij}(k-1) - S_{ij}(k)}, \text{ а}$$





Константа  $\alpha_{\max}$  – это максимальное значение коэффициента момента, которое принимается равным 1,75.

В алгоритме RPROP при уточнении весов учитывается только знак гради-

ентной составляющей, а ее значение игнорируется:

$$\Delta w_{ij}(t) = -\eta_{ij}(t) \operatorname{sgn} \left( \frac{\partial E(w(t))}{\partial w_{ij}} \right).$$

Коэффициент обучения подбирается индивидуально для каждого веса  $w_{ij}$  с учетом изменения значения градиента:

$$\eta_{ij}(t) = \begin{cases} \min(a\eta_{ij}(t-1), \eta_{\max}) & \text{для } S_{ij}(t)S_{ij}(t-1) > 0 \\ \max(b\eta_{ij}(t-1), \eta_{\min}) & \text{для } S_{ij}(t)S_{ij}(t-1) < 0, \\ \eta_{ij}(t-1) & \text{в остальных случаях} \end{cases}$$

$$S_{ij}(t) = \frac{\partial E(w(t))}{\partial w_{ij}}, \text{ а и } b - \text{ константы: } a=1.2; b=0.5.$$

где

Минимальное и максимальное значения коэффициента обучения составляют  $\eta_{\min} = 10^{-6}$  и  $\eta_{\max} = 50$ . Функция  $\operatorname{sgn}()$  принимает значение, равное знаку градиента.

Исследования проводились на данных, взятых из репозитория UCI Калифорнийского университета, для задач классификации ирисов и винных напитков [2]. Параметры многослойного персептрона были определены в результате исследований, представленных в [3].

Были исследованы зависимости среднеквадратичного отклонения (СКО) для различных алгоритмов обучения при следующих параметрах: обучающая выборка из 90 векторов данных, характеризующих виды ирисов (по 30 для каждого из 3-х классов); входной слой – 4 нейрона; скрытый слой – 5; выходной – 3 нейрона; коэффициент обучения  $\eta = 0,02$ ; пороговое значение определяющая точность – 0,01; коэффициент наклона сигмоидальной функции  $\beta = 1$ ; ограничение на количество циклов – 2500 итераций. Тестовая выборка состоит из 60 векторов, не входящих в обучающую выборку (по 20 для каждого из 3-х классов). Зависимость СКО от коэффициента наклона сигмоидальной функции представлена в таблице 1.



Таблица 1. Зависимость СКО от используемого алгоритма обучения при классификации ирисов

| Алгоритм обучения | Среднеквадратичная ошибка | Процент ошибок |
|-------------------|---------------------------|----------------|
| Backpropagation   | 0,0139                    | 3,33           |
| QuickProp         | 0,0508                    | 6              |
| RPROP             | 0,0535                    | 6              |

Аналогично исследованы зависимости СКО при следующих параметрах обучения: обучающая выборка из 90 векторов данных характеризующих виды винных напитков (по 30 для каждого из 3-х классов); входной слой – 13 нейронов; скрытый слой – 17; выходной – 3 нейрона; коэффициент обучения  $\eta = 0,02$ ; пороговое значение определяющая точность – 0,003; ограничение на количество циклов – 2500 итераций. Тестовая выборка состоит из 54 векторов, не входящих в обучающую выборку (по 18 для каждого из 3-х классов). Зависимость СКО от коэффициента наклона сигмоидальной функции при классификации винных напитков представлена в таблице 2.

Таблица 2. Зависимость СКО от используемого алгоритма обучения при классификации винных напитков

| Алгоритм обучения | Среднеквадратичная ошибка | Процент ошибок |
|-------------------|---------------------------|----------------|
| Backpropagation   | 0,0149                    | 3,7            |
| QuickProp         | 0,0179                    | 3,7            |
| RPROP             | 0,0195                    | 3,7            |

При анализе результатов сделан вывод, что эвристические алгоритмы обучения многослойного персептрона, хотя и не имеют серьезного теоретического обоснования, дают результаты близкие к результатам градиентного метода наискорейшего спуска. Так как процесс обучения в эвристических алгоритмах происходит быстрее, то их применение на практике становится обоснованным.

### Литература

- Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / С.Осовский. – М.: Финансы и статистика, 2002 – 344 с.
- UCI Machine Learning Repository [Электронный ресурс]. – URL: <http://archive.ics.uci.edu/ml/> (Дата обращения: 14.02.2015)
- Солдатова, О.П., Иваев Д.З. Решение задачи классификации при помощи многослойного персептрона. // Труды международной научно-технической конференции «Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015)» – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2015. – Том1, с.209-213 – ISBN 978-5-93424-704-9



О.П. Солдатова, Д.И. Кривякин

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СЕТЕЙ HRBF

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Прогнозирование в общем случае означает предсказание состояния какого-либо объекта, процесса или явления в будущем. Различают такие виды прогнозов, как прогноз погоды, предсказание хода болезни, научно-технический прогноз, прогноз рыночных котировок и т.д. Одним из возможных решений задачи прогнозирования является использование искусственных нейронных сетей. Целью данной работы является изучение возможностей гипер радиально-базисных сетей (HRBF) при решении задачи прогнозирования и сравнение её эффективности по сравнению с обычной радиально-базисной сетью (RBF).

Сеть HRBF имеет структуру, схожую со структурой сети RBF. Она состоит из одного скрытого слоя, выполняющего нелинейное отображение входной последовательности, и выходного нейрона, выполняющего линейное суммирование сигналов, поступающих от нейронов скрытого слоя [1]. Основной сети HRBF так же является радиальная функция активации скрытых нейронов, в общем виде записываемая как:

$$\varphi(x) = \varphi(\|x - c_i\|_{Q_i}) = \exp\left[-(x - c_i)^T Q_i^T Q_i (x - c_i)\right] = \exp\left[-\frac{1}{2}(x - c_i)^T C_i (x - c_i)\right] \quad (1),$$

где матрица  $\frac{1}{2}C_i = Q_i^T Q_i$  играет роль скалярного коэффициента  $\frac{1}{2\sigma_i^2}$

стандартной многомерной функции Гаусса, используемой в сети RBF и заданной выражением (2).

$$\varphi(x) = \varphi(\|x - c_i\|) = \exp\left(-\frac{\|x - c_i\|^2}{2\sigma_i^2}\right) \quad (2),$$

где  $x$  – входной вектор,  $i$  – номер нейрона скрытого слоя.

Матрица  $Q$  – матрица весовых коэффициентов евклидовой меры, которая имеет для сети HRBF следующий вид:

$$\|x\|_Q^2 = (Qx)^T (Qx) = x^T Q^T Q x \quad (3)$$

Масштабирующая матрица при  $N$ -мерном векторе  $x$  представлена формулой 4:



$$Q = \begin{bmatrix} Q_{11} & Q_{12} & \dots & Q_{1N} \\ Q_{21} & Q_{22} & \dots & Q_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ Q_{N1} & Q_{N2} & \dots & Q_{NN} \end{bmatrix} \quad (4)$$

Элементы, лежащие на главной диагонали матрицы, используются в качестве масштабирующих коэффициентов, а элементы  $Q_{ij}$  характеризуют корреляцию между  $i$ -м и  $j$ -м компонентами входного вектора.

Для обучения как сети RBF, так и сети HRBF, были использованы метод обратного распространения ошибки вместе с алгоритмом наискорейшего спуска, целью которых является минимизация ошибки работы сети и получения желаемого результата.

В рамках данной работы была разработана автоматизированная система прогнозирования, интерфейс которой представлен на рисунке 2. Для обучения и тестирования работы нейросети были взяты данные по энергопотреблению на железной дороге в период с 1990 по 2013гг. Обе нейронных сети имели следующие параметры: количество скрытых нейронов – 24, размерность прогнозного окна – 6, количество циклов обучения – 1500, коэффициент обучения – 0,064, коэффициент разброса (момент) – 0,03.

Результаты проведенных исследований показали большую точность прогнозирования сети HRBF по сравнению с классической радиально-базисной сетью. Так, при указанных выше параметрах сети среднеквадратичное отклонение прогнозирования для сети RBF составило 0,0282 [2], сети HRBF – 0,0245. При этом наличие коэффициентов корреляции в гипер радиально-базисной сети позволяет также проводить в дальнейшем детальные исследования влияния отдельных входных компонентов на другие компоненты и на выходной результат. В то же время, сеть RBF имеет более простую структуру, что значительно ускоряет процесс её обучения при сохранении приемлемой точности прогнозирования.

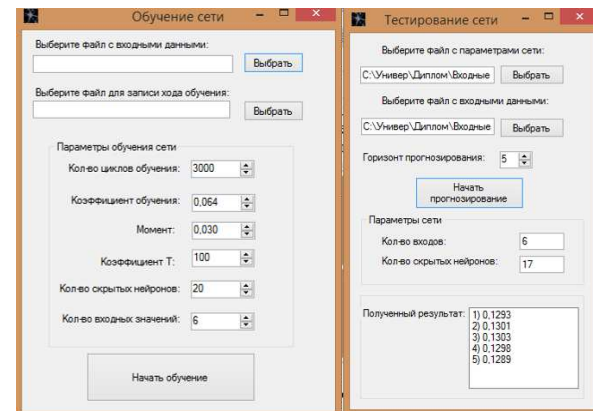


Рисунок 2 – Интерфейс системы



## Литература

1. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст]/ С.Осовский. – М.: Финансы и статистика, 2002 – 344 с.
2. Кривякин Д.И. Решение задачи прогнозирования энергопотребления с помощью радиально-базисных сетей / Д.И. Кривякин // Искусственный интеллект: философия, методология, инновации: сборник трудов IX Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – М.: МИРЭА, 2015, с. 98-103.

О.П. Солдатова, А.Е. Мушин

## КЛАССИФИКАЦИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОДНОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Человеческий мозг способен распознавать различные визуальные и звуковые образы, в том числе и музыкальные композиции. Музыкальные жанры – это высокоуровневые описания, создаваемые и используемые людьми для категоризации музыки. Они возникают в процессе сложного взаимодействия культур, исполнителей и используются для описания сходства между музыкантами или композициями, а также для организации музыкальных коллекций[1]. В музыкальной индустрии жанры используются как ключевой способ определения целевого рынка.

Для исследования звукового сигнала используется частотный анализ – разложение сложного звукового сигнала на ряд простых составляющих. Но прежде чем исследовать сигнал его необходимо преобразовать, для этого используется быстрое преобразование Фурье.

Частотный анализ звукового сигнала позволяет получить распределение амплитуд составляющих по частотам (амплитудно-частотные спектры) и распределение фаз составляющих по частотам (фазочастотные спектры) [2]. Так же звуковой сигнал представляется суммой коротких импульсов, характеризующихся временем появления и амплитудой. Таким образом, используются все частотно-амплитудные и временные характеристики сигнала [3,4].

Быстрым преобразованием Фурье (БПФ) называют набор алгоритмов, реализация которых приводит к существенному уменьшению вычислительной сложности дифференциального преобразования Фурье (ДПФ). Основная идея БПФ состоит в том, чтобы разбить исходный  $N$ -отсчетный сигнал  $x(n)$  на два более коротких сигнала, ДПФ которых могут быть скомбинированы таким образом, чтобы получить ДПФ исходного  $N$ -отсчетного сигнала [3].

Так, если исходный  $N$ -отсчетный сигнал разбить на два  $N/2$ -отсчетных сигнала, то для вычисления ДПФ каждого из них потребуется около



$(N/2)^2$  комплексных умножений. Тогда для вычисления искомого  $N$ -отсчетного ДПФ потребуется порядка  $2(N/2)^2 = N^2/2$  комплексных умножений, т.е. вдвое меньше по сравнению с прямым вычислением. Операцию разбиения можно повторить, вычисляя вместо  $(N/2)$ -отсчетного ДПФ два  $(N/4)$ -отсчетных ДПФ и сокращая тем самым объем вычислений еще в два раза. Выигрыш в два раза является приблизительным, поскольку не учитывается, каким образом из ДПФ меньшего размера образуется искомое  $N$ -отсчетное ДПФ[3].

В результате преобразования получается массив комплексных чисел, содержащий информацию об амплитудном и фазовом спектрах анализируемого сигнала. Спектры являются дискретными с шагом равным (частота дискретизации)/(количество отсчетов). То есть чем больше в сигнале отсчетов, тем более точное разрешение по частоте получается. Однако при постоянной частоте дискретизации увеличение числа отсчетов, приводит к увеличению анализируемого временного интервала, а поскольку в реальных музыкальных произведениях ноты имеют различную длительность звучания и могут быстро сменять друг друга, происходит их наложение друг на друга, поэтому амплитуда длительных нот «затмевает» собой амплитуду коротких нот [3].

Для распознавания и классификации музыкальных композиций в данной работе используется модель нейронной сети однослойного персептрона. Однослойный персептрон — это линейный алгоритм классификации, принцип работы которого основан на модели нервной клетки – нейронах [5].

Нейронные сети применяются для решения задач классификации или кластеризации многомерных данных. Основная идея, лежащая в основе нейронных сетей – это последовательное преобразование сигнала, параллельно работающими элементарными функциональными элементами – нейронами [5]. Нейрон состоит из трёх логических блоков: входы, функция активации, выход. На каждый вариант входа (вектор) функция активации нейрона вырабатывает определённый сигнал (выход – обычно скаляр), и передает его на входы другим нейронам сети. Подавая на входы некоторым нейронам сигналы извне, и отменяя выходы части нейронов, как выходы сети в целом, мы получим систему, осуществляющую отображение  $n \rightarrow k$ , где  $n$  – размерность входа (информации из вне), а  $k$  – размерность выхода. Нейронные сети различаются функциями активации нейронов, внутренней архитектурой связей между нейронами и методами настройки (обучения).

Используемая архитектура однослойного персептрона, является классической реализацией персептрона Розенблата. Здесь нейроны рецепторы принимают на вход действительные числа (обычно от 0 до 1), а ассоциативные нейроны используют сигмоидальную функцию преобразования [5].

Модель нейрона однослойного персептрона работает с действительными числами. Вот несколько важных свойств функции активации:

1. областью значений функции является интервал  $(0,1)$ ;
2. функция бесконечное число раз непрерывно дифференцируема;
3. её производная выражается только через неё саму:  $f' = f(1 - f)$ .



Имеется один слой нейронов рецепторов и один слой ассоциативных нейронов. Нейроны одного и того же слоя друг с другом не связаны, и каждый нейрон связан со всеми нейронами последующего слоя (кроме последнего слоя - его выходы являются выходами сети в целом).

Музыкальная композиция определяется как звуковой объект, характеризующийся некоторыми характеристиками, такими как амплитуда колебаний, частотный диапазон, темп, громкость и т.д. [6] С помощью частотного анализа выделяются числовые значения некоторых характеристик звукового сигнала и после нормализации, в вещественном формате, они передаются на вход персептрона. Пример входных данных приведен в таблице 1.

Таблица 1- Пример нормализованных входных данных

| Темп    | Максимальная синусоидальная мощность | Частота дискретизации | Средний частотный диапазон сигнала | Количество бит, используемых для хранения одной секунды | Количество отсчетов |
|---------|--------------------------------------|-----------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------|
| 0,60096 | 0,07023                              | 0,50000               | 0,32846                            | 0,24943                                                 | 0,33333             |

В результате работы персептрона на выходе получается действительное число от 0 до 1, на основании которого входные данные можно отнести к тому или иному жанру. Пример выводимых данных представлен в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что точность классификации композиций является достаточно высокой. Таким образом, можно сказать, что однослойный персептрон подходит для задач классификации музыкальных композиций по некоторым характеристикам.



Таблица 2- пример результата работы персептрона

| Входные данные                                                                      | Блюз        | Классика    | Хип-хоп     | Джаз        | Рок         |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Рок композиция<br>0,6010; 0,0702;<br>0,5000;<br>0,3285; 0,2494; 0,3333;             | 0,00        | 0,01        | 0,01        | 0,02        | <b>0,95</b> |
| Джазовая композиция<br>0,6010; 0,0191;<br>0,5000;<br>0,3073; 0,2494; 0,3333;        | 0,10        | 0,00        | 0,00        | <b>0,87</b> | 0,02        |
| Хип-хоп композиция<br>0,6154; 0,0910;<br>0,5000;<br>0,1665; 0,2491; 0,3333;         | 0,00        | 0,00        | <b>0,88</b> | 0,03        | 0,08        |
| Классическая композиция<br>0,6106;<br>0,0310;<br>0,5000;<br>0,4389; 0,2494; 0,3333; | 0,05        | <b>0,79</b> | 0,03        | 0,06        | 0,05        |
| Блюзовая композиция<br>0,6250;<br>0,1012;<br>0,5000;<br>0,4211; 0,2484; 0,3333;     | <b>0,78</b> | 0,00        | 0,00        | 0,13        | 0,09        |

### Литература

1. Chandwadkar D.M., Sutaone M.S. Role of Features and Classifiers on Accuracy of Identification of Musical Instruments. 2nd National Conference on Computational Intelligence and Signal Processing, 2012. – P. 66–70
2. McKay C., Fujinaga I. Musical genre classification: Is it worth pursuing and how can it be improved? / C. McKay, I. Fujinaga – Proceedings of the International Conference on Music Information Retrieval, 2006.
3. Афонский А. А., Дьяконов В. П. Цифровые анализаторы спектра, сигналов и логики / Под ред. проф. В. П. Дьяконова. — М.: СОЛОН-Пресс, 2009. — С. 248. — ISBN 978-5-913-59049-7.
4. Brown J.C. Computer identification of musical instruments using pattern recognition with cepstral coefficients as features. J Acoust. Soc Am, 1999. – 30 p.
5. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации – М.: Финансы и Статистика, 2002 – 344 с. - ISBN 5-279-02567-4
6. Melody description and extraction in the context of music content processing / E. Gomez, A. Klapuri, B. Meudic – Journal of New Music Research, Vol. 32(1), 2003.



Я.В. Соловьева, Р.Р. Арсланов

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЁТА ЭВАКУИРОВАННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ НА ШТРАФСТОЯНКАХ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Количество автомобилей в Самарской области увеличивается с каждым годом. К сожалению, количество мест для парковки не растут теми же темпами и их не хватает на всех автолюбителей. Нередко владельцы автомобилей случайно или вынужденно идут на нарушения правил дорожного движения и паркуют автомобили в неположенном месте, рискуя быть эвакуированными. В настоящее время, для того, чтобы узнать эвакуировано авто или угнано, необходимо обзвонить несколько штрафстоянок или попробовать дозвониться до единой службы. Волокита, связанная с неизвестностью судьбы своего автомобиля, забирает драгоценное время, если автомобиль угнали и надо срочно звонить в правоохранительные органы, а так же если автомобиль эвакуировали и за время пребывания на штрафстоянке берется плата.

В связи с вышеупомянутыми проблемами была реализована автоматизированная система учета эвакуированных автомобилей, а так же мобильное приложение для него, которое позволит решить проблему оперативного информирования автовладельцев.

Система позволяет отображать основную информацию об эвакуированных автомобилях пользователю системы. Основные функции автоматизированной системы следующие:

- отображение информации об эвакуированных автомобилях;
- поиск по запросу в списке случаев эвакуации автомобилей;
- возможность управления данными администраторами и операторами системы;
- отображение справочной информации по работе с веб-приложением;
- работа с мобильным приложением.

Автоматизированная система представляет собой веб-приложение, реализованное с использованием СУБД Microsoft SQL Server 2012 Express, Microsoft Visual Studio 2015 на языке программирования высокого уровня C# и решает задачи обмена данными с удаленным WEB-сервером с возможностью поиска необходимого автомобиля по марке автомобиля, государственному регистрационному номеру, месту эвакуации и дате эвакуации (рисунок 1,2).

Мобильное приложение к системе работает на операционной системе WindowsPhone 10 и позволяет быстро и просто получить информацию об эвакуации автомобиля (рисунок 3). По номеру автомобиля происходит поиск в базе данных эвакуированных машин и если номер найден, то происходит уведомление пользователя.

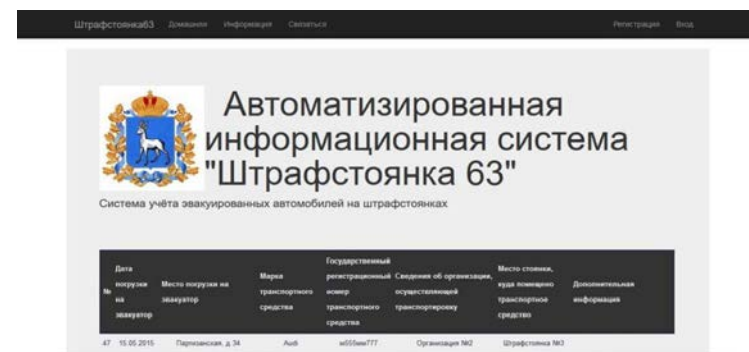


Рисунок 1 – Стартовая страница системы

| Дата эвакуации | Место эвакуации    | Марка транспортного средства | Государственный номер | Сведения об организации | Место стоянки   | Дополнительная информация |
|----------------|--------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|---------------------------|
| 47 15.05.2015  | Парковочная д. 34  | Аudi                         | м055mm777             | Организация №2          | Штрафстоянка №3 |                           |
| 48 14.05.2015  | Парковочная д. 34  | Аudi                         | м111m163              | Организация №4          | Штрафстоянка №5 |                           |
| 49 12.05.2015  | Парковочная д. 34  | Renault                      | м055m163              | Организация №2          | Штрафстоянка №3 | нет данных                |
| 42 19.05.2015  | Киреев д. 234      | VAZ                          | р893m                 | Организация №1          | Штрафстоянка №1 |                           |
| 41 09.05.2015  | Степановский д.101 | Volkswagen                   | м055m163              | Организация №3          | Штрафстоянка №4 |                           |
| 40 08.05.2015  | Бруфем д. 89       | SAZ                          | м055m163              | Организация №1          | Штрафстоянка №2 | нет данных                |
| 37 08.05.2015  | Парковочная д. 34  | Subaru                       | м044m199              | Организация №4          | Штрафстоянка №5 |                           |
| 36 08.05.2015  | Ленинская д. 203   | Peugeot                      | м111m16               | Организация №3          | Штрафстоянка №4 | нет данных                |
| 34 07.05.2015  | Ново-Садская д.12  | Mercedes                     | м055m163              | Организация №4          | Штрафстоянка №5 |                           |
| 29 01.05.2015  | Парковочная д. 34  | Mercedes-Benz                | м044m34               | Организация №1          | Штрафстоянка №1 | телефон 232235            |

Рисунок 2 – Стартовая страница системы (продолжение)

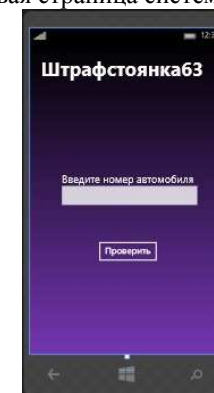


Рисунок 3 – Изображение мобильного приложения в эмуляторе

Система поддерживается популярными браузерами, такими как GoogleChrome, Opera, MozillaFirefox, Safari, MicrosoftInternetExplorer, MicrosoftEdge.





Я.В. Соловьева, А.В. Кравченко, А.В. Мурзин

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ И РАСЧЕТА ИХ ХАРАКТЕРИСТИК

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Многие важные процессы в природе и технике являются случайными процессами (СП). Например, отклонение при стрельбе и погрешность измерения хорошо моделируются нормальным распределением; плотность распределения излучения абсолютно черного тела по частотам и описание амплитудных флуктуаций радиосигнала хорошо моделируется распределением Релея.

Для моделирования систем, в которых происходят случайные процессы, не прибегая к натурному эксперименту, который может быть дорог и займет много времени, можно составить стохастическую модель этого процесса в виде закона распределения или корреляционной функции. С помощью этой модели можно исследовать системы, в которых происходят случайные процессы, прибегая только лишь к вычислительному эксперименту. С данной целью была разработана автоматизированная система моделирования случайных процессов и расчета их характеристик.

Разработанная система позволяет:

- 1) задавать количество отсчетов выборки СП от 500 до 10000;
- 2) задавать способ моделирования СП с помощью семи законов распределения (равномерный, нормальный, экспоненциальный, Рэлея, Симпсона, арксинуса, Лапласа) и семи видов корреляционных функций. Задавать параметры законов распределения и корреляционных функций;
- 3) получать результаты моделирования СП, заданного законом распределения, в виде числовых характеристик (статистическая оценка и аналитическое значение) и вероятностных характеристик (плотность, функция распределения, корреляционная функция); заданного с помощью корреляционной функции в виде числовых характеристик (статистическая оценка) и вероятностных характеристик (плотность, функция распределения, корреляционная функция). Числовые характеристики, рассчитываемые системой: математическое ожидание, дисперсия, коэффициент асимметрии, коэффициент эксцесса;
- 4) при моделировании СП законом распределения система имеет инструментальный для проверки гипотезы о виде распределения. Система имеет два критерия (Пирсона и Колмогорова), пять уровней значимости (0.1, 0.05, 0.02, 0.01, 0.001), в результате система выведет сообщение о принятии или непринятии гипотезы;
- 5) сохранять полученную выборку в файл с расширением .csv;



6) для того чтобы смоделировать СП с новым объемом выборки, не меняя его параметров, в системе предусмотрена функция моделирования данного СП с новым объемом выборки, что позволяет наглядно оценить, как меняются характеристики в зависимости от объема выборки.

Благодаря функции проверки гипотезы о виде распределения имеется возможность оценить качество полученной выборки, что может говорить о достоверности СП и его характеристик. Функция сохранения выборки в файл позволяет быстро открывать выборку в Excel для дополнительной обработки выборки. При моделировании СП с новым объемом выборки появляется возможность в режиме реального времени наблюдать и оценивать, как меняются характеристики СП в зависимости от объема выборки.

После ввода всех параметров СП результаты моделирования (характеристики) отображаются на одной форме для удобства их изучения. Числовые характеристики отображаются в таблице, а вероятностные характеристики в виде графиков (рисунок 1).

Для разработки системы был выбран объектно-ориентированный язык программирования C#, как язык для разработки приложения для платформы Microsoft .NET Framework 4.5.

Выбор был обоснован тем, что этот язык имеет простой и элегантный C-подобный синтаксис, механизм LINQ-запросов, полный доступ к Base Class Library – стандартной библиотеке платформы .NET.

Так как в качестве языка программирования был выбран C#, то наиболее очевидным выбором среды программирования является MS Visual Studio 2013. Это очень удобная и бесплатная IDE для разработки ПО. MS Visual Studio включает в себя редактор исходного кода с поддержкой технологии IntelliSense и возможностью рефакторинга и отладки кода.

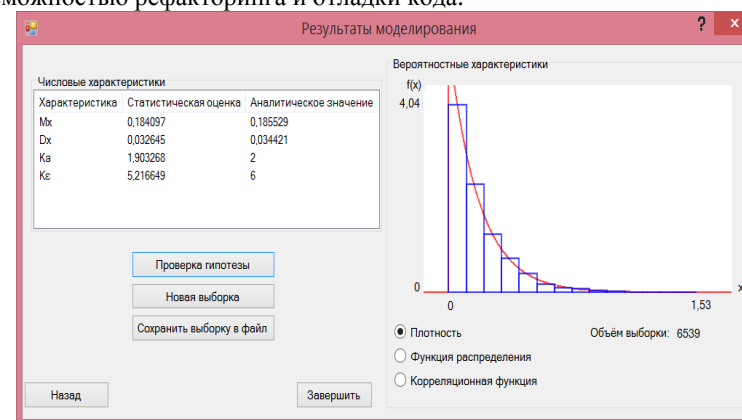


Рисунок 1 – Результаты моделирования

Встраиваемые инструменты включают в себя редактор форм для создания графического интерфейса приложения, редактор UML диаграмм.





Выбранная технология разработки – RAD (Rapid Application Development, технология быстрой разработки) – уделяет особое внимание скорости и удобству программирования, созданию технологического процесса, позволяющего программисту максимально быстро создавать компьютерные программы.

Я.В. Соловьева, Д.С. Мудров

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА ТОВАРОВ НА СКЛАДАХ С АВТОМАТИЧЕСКИМ ПОИСКОМ АНАЛОГОВ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Залог успешного бизнеса в сфере торговли заключается в превосходном функционировании всех его процессов. Добиться безукоризненного функционирования позволяет автоматизация процессов учета товаров на складе. Потому автоматизация – это простое решение сложных задач, ведь все операции производятся быстро и безошибочно.

Сегодня многие задаются вопросом о том, почему учет товаров вести так проблематично? Для того чтобы понять все тонкости, необходимо более детально углубиться в проблему. Итак, учет товаров на складе ранее велся вручную нанятыми на предприятие специалистами. Но человеческий фактор – это наличие ошибок в силу большого объема данных, больших перечней товаров с указанием количества, стоимости, размеров и других данных о товаре. Потому, именно человек является главной причиной проблематичного ведения учета товаров.

Следствие ошибок – это несоответствие в документах по продажам количества, ассортимента, качества или комплектности товара, что говорит о ненадлежащем учете товара при совершении сделки. Как результат, ненадлежащий учет товара приводит к возвратам товаров покупателем и отказу от исполнения договора. Это и есть самое страшное последствие, которое бьет по финансам и репутации одновременно.

Так же из-за отсутствия товара на складе, на который пришла заявка, появляется проблема со временем её выполнения. Поэтому возникают случаи, когда товар предлагается заменить аналогичным, но и поиск аналога может занять некоторое время. Поиск аналогичного товара актуален также в том случае, если запрашиваемый товар полностью отсутствует на складе.

Разработанная система предназначена для организации доступа к удаленной базе данных различных пользователей в сети с целью ведения учета товаров, поиска и автоматического подбора аналогов (Рисунок 1). Система позволит освободить человека от необходимости рутинной работы с бумажными носителями.

Данная система обладает следующими преимуществами перед аналогами:



- узконаправленность, что позволяет избавиться от «лишних» функций, и, следовательно, делает ее дешевле и проще;
- возможность ведения учета товаров удаленно от рабочего места;
- возможность просмотра наличия товаров на других складах.

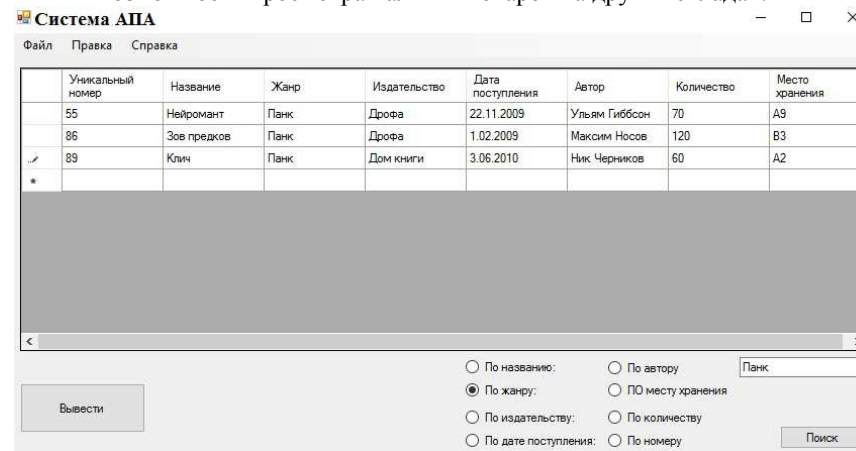


Рис. 1. Пример поиска нужного товара на складе

При разработке автоматизированной системы было предусмотрено:

- контроль корректности задания всех параметров;
- создание информационной базы для автоматизированного процесса управления реляционными базами данных;
- разграничение прав и обязанностей пользователей;
- выполнение ограничений целостности базы данных [1];
- возможность корректировки справочника пользователей;

Созданная система удобна тем, что работа с ней значительно улучшит качество и скорость обслуживания оптового склада. Например, на книжном оптовом складе можно будет искать книги по автору, названию, издательству и т.д. Выбор различных критериев поиска значительно сужает круг выдаваемой информации, что делает поиск максимально точным и продуктивным. Зная автора того или иного произведения, можно найти нужные книги за несколько секунд, в то время, как поиск наличия книг мог бы занять достаточно длительное время и при этом не дать никаких результатов.

В качестве языка программирования был выбран C# в среде программирования Microsoft Visual Studio 2015.

В автоматизированной системе учета товаров на складах с поиском аналогов используется СУБД Microsoft SQL Server 2012.

Разработанная автоматизированная система (АС) имеет архитектуру «клиент-сервер», ПО разделено на две части – клиентскую и серверную. База данных (БД) размещается на компьютере – сервере сети (сервере или



удаленном сервере) и называется также удаленной БД. Приложение, осуществляющее работу с этой БД, находится на компьютере пользователя. Приложение пользователя является клиентом, его также называют приложением-клиентом.

Клиент и сервер взаимодействуют следующим образом. Логика представления данных и бизнес-логика размещаются на клиенте, который, в случае, когда сервером является СУБД, общается с логикой хранения и накопления данных на сервере, используя язык SQL. Таким образом, в архитектуре «клиент-сервер» клиент посылает запрос и получает только те данные, которые ему действительно нужны. Вся обработка запроса выполняется на удаленном сервере [2].

База данных, которая используется в системе, не только экономит время, но и позволяет структурировать и систематизировать расход товаров, контролировать их наличие, отслеживать наличие товаров складов всей сети, благодаря взаимодействию клиента и сервера.

Таким образом, создание и ведение базы данных склада – это простой, удобный и надежный способ хранения, получения и обработки всей необходимой информации, а также отличный помощник в работе всей логистики склада.

### Литература

1. Чигарина, Е. И. Лекции по курсу «Базы данных и базы знаний» [Текст]/Е. И. Чигарина. – Самара: СГАУ, 2009.
2. Когаловский, М.Р. Энциклопедия технологий баз данных [Текст]/М.Р. Когаловский - М.: Финансы и статистика, 2002. – 800 с.

Я.В. Соловьева, А.Н. Назарова

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА «КНИГА ЖАЛОБ И ПРЕДЛОЖЕНИЙ ГОСТИНИЦЫ»

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Проблема хранения данных и работы с ними по праву может считаться вечной, ведь она встала перед человечеством, как только оно научилось накапливать информацию и передавать ее в письменной форме. Очевидно, что на каждом этапе развития цивилизации решался этот вопрос по-разному. Таким образом, возникновение первых баз данных можно отнести уже к четвертому тысячелетию до н.э.: в Древнем Шумере сохранялись результаты учета налогов и казны, а документы Ассирийского царства существовали в форме клинописей.

С учетом развития технологий, современный подход к понятию базы данных намного уже, а требования к возможностям обработки информации выше. Существуют различные определения этого термина, в частности, соглас-



но М.Р. Когаловскому, база данных – это организованная в соответствии с определенными правилами и поддерживаемая в памяти компьютера совокупность данных, характеризующая актуальное состояние некоторой предметной области и используемая для удовлетворения информационных потребностей пользователей [1].

Базы данных могут классифицироваться по модели данных (в этом случае иерархические, объектные и объектно-ориентированные, объектно-реляционные и реляционные, а также сетевые и функциональные базы данных), по содержанию, по среде хранения или по степени распределенности. В рассматриваемой работе используется реляционная база данных. Она представляет собой множество взаимосвязанных таблиц, каждая из которых содержит информацию об объектах определенного вида.

Достоинства реляционной базы данных:

- упрощение схемы данных для пользователя;
- улучшение логической и физической независимости;
- обеспечение пользователя языками высокого уровня;
- оптимизация доступа к БД;
- улучшение целостности и защиты данных;
- возможности различных применений;
- обеспечение методологического подхода.

Хранение информации в электронном виде имеет преимущества, которые значительно облегчают как доступ к данным, так и работу с ними.

При решении задачи оптимизации и расширения функциональности книг жалоб этот потенциал может быть реализован, если они будут отвечать современным требованиям пользователей, то есть, станут удобнее и доступнее.

В отличие от привычной бумажной книги жалоб, электронная книга жалоб на основе компьютерной базы данных обеспечит упорядоченность отзывов, высокую наглядность, каталогизацию по удобным для пользователя критериям, то есть более быстрый и удобный способ поиска, а также безусловную возможность доступа для каждого посетителя гостиницы.

Очередным преимуществом электронной книги жалоб над бумажным аналогом является ограниченный доступ к редактированию отзывов: все сообщения пользователей доходят до администрации гостиницы в изначальном виде, они не могут быть изменены или приукрашены персоналом, что решает актуальную проблему фактического существования сразу двух жалобных книг: для клиентов и для начальства.

Если раньше жалобная книга была одним из способов защиты гражданских интересов и государственного контроля в сфере обслуживания, то сейчас она теряет былую популярность. В то же время, высок потенциал книги жалоб и предложений как инструмента, служащего для:

- фиксации нарушений в сфере обслуживания населения;
- отображения положительных отзывов пользователей различными услугами;
- предотвращения злоупотреблений служебным положением;



– приёма предложений от рабочих-новаторов в сфере улучшения производительности или условий труда.

Данный проект рассматривает дополнительные возможности работы с книгой жалоб и предложений при ее ведении в электронном виде.

При работе в этой системе посетителю не нужно проходить процедуру авторизации, чтобы оставить отзыв, однако разграничение прав и обязанностей пользователей все же предусмотрено: директору и администратору отеля необходимо пройти процедуру авторизации, при этом директор обладает большими правами, чем администратор.

Совершенно новой возможностью такой книги жалоб является обратная связь: каждый пользователь может получить ответ на свое сообщение и убедиться, что оно достигло адресата.

Подобные результаты отражают принципы и цели работы автоматизированных систем управления:

- предоставление лицу, принимающему решение (ЛПР), релевантных данных для принятия решений;
- ускорение выполнения отдельных операций по сбору и обработке данных;
- снижение количества решений, которые должно принимать ЛПР;
- повышение уровня контроля и исполнительской дисциплины;
- повышение оперативности управления;
- снижение затрат ЛПР на выполнение вспомогательных процессов;
- повышение степени обоснованности принимаемых решений [2].

На рисунке 1 изображен пример формы книги жалоб и предложений, которым и будет пользоваться клиент гостиницы.

Рисунок 1 – Экранная форма приложения для клиента



Клиенту предложено выбрать тип отзыва, который бы он хотел оставить, а также категорию той или иной структуры самой гостиницы (обслуживание, номер и общие впечатления о гостинице). В книге жалоб и предложений предусмотрена обратная связь с клиентами, что позволяет руководству гостиницы ответить на отзыв посетителей гостиницы, а самим посетителям получить компетентный ответ. На панели меню книги жалоб и предложений доступны такие функции, как: просмотр книги, с целью изучения предыдущих отзывов, а также поиск по этим записям; авторизация в книге (для сотрудников гостиницы); вызов справки. Простота и удобство данной книги жалоб и предложений позволяет абсолютно любому клиенту гостиницы без усилий оставить свой отзыв, либо прочитать предыдущие. А обратная связь с клиентами в книге позволит оптимизировать отношения между клиентами и руководством гостиницы, что будет способствовать своевременному решению возникших проблем.

В качестве языка программирования был выбран C# в среде программирования Microsoft Visual Studio 2010. В качестве средства реализации базы данных для автоматизированной системы «книга жалоб и предложений гостиницы» был выбран SQL Server 2014 от компании Microsoft.

### Литература

- 1 База данных [Электронный ресурс]. – [https://ru.wikipedia.org/wiki/База\\_данных](https://ru.wikipedia.org/wiki/База_данных) (дата обращения 11.03.2016 г.);
- 2 Автоматизированная система управления [Электронный ресурс]. – [https://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматизированная\\_система\\_управления](https://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматизированная_система_управления) (дата обращения 11.03.2016 г.).

Я.В. Соловьева, Е.В. Старкова

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА КНИГ В БИБЛИОТЕКЕ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Автоматизирование рабочего места применяется на современном этапе практически во всех сферах деятельности, поэтому в современных условиях автоматизация рабочего места служащего библиотечного фонда является актуальным. Одной из основных тенденций развития электронных информационных ресурсов и библиотечно-информационных технологий является разработка баз данных библиотек.

С конца прошлого века в библиотеках РФ идёт полная автоматизация библиотечных технологических процессов — начиная от формирования фондов, подразумевающее приобретение литературы, и заканчивая обслуживанием читателей. Отечественные библиотеки приобретали и в последующем модернизировали специализированное программное обеспечение



и оборудование, объединенные в автоматизированную библиотечную систему, степень внедрения которой в различных библиотеках абсолютно разная.

Основным преимуществом автоматизации для этой сферы является предоставление читателям более полных, более достоверных информационных данных о состоянии библиотечного фонда, о возможностях эффективной и быстрой ориентации в весьма больших объемах информации. На данный момент основное направление развития автоматизации всех без исключения библиотек — это разработка каталога с библиографическими описаниями [1].

Основные и определяющие направления работы любой библиотеки — работа с фондом и читателями. Отсюда, собственно, и вытекает основная составляющая базы данных, заключающаяся в максимально полном и всестороннем описании фонда от библиографических описаний документации до каждого отдельно взятого экземпляра. Другой основной составляющей системы являются читатели. В базу вводят записи о читателях, их индивидуальные штриховые коды, электронные адреса [2].

В настоящее время существует множество систем для учета книг (Библиотека MD 4.3, 1С:Библиотека Колледжа). В основном это очень большие программы, содержащие весь функционал данной области. Но для небольших учебно-образовательных учреждений такие решения являются очень громоздкими и дорогими.

В рамках данного проекта изучалось ведение библиотечного фонда. Разработанная система предназначена для ведения, каталогизации, регистрации и списания книг, а также регистрации читателей. Основной целью создания данной системы является повышение эффективности и качества работы библиотеки.

Внедрение автоматизированной системы облегчает и упрощает работу сотрудников библиотеки за счет внедрения в рабочий процесс информационных технологий, позволяющих автоматизировать часть ручного труда. Автоматизация процесса поиска позволяет частично снять нагрузку с работника и сократить время по отслеживанию необходимой информации. В любой момент можно получить информацию о читателях-должниках. Упрощается процесс составления отчетов и запросов по данным, увеличивается скорость оформления и списания книг фонда.

Данный проект в отличие от систем-аналогов является специализированным на небольших учебно-образовательных учреждениях приложением. Система не является громоздкой и обладает только тем функционалом, который требуется для данной сферы деятельности.

При разработке автоматизированной системы было предусмотрено:

- обеспечение максимального быстродействия работы приложения;
- обеспечение удобного и понятного интерфейса;
- обеспечение максимальной надежности работы системы;
- сохранность накопленных данных.

Преимуществом использования интегрированной библиотечной системы является оптимальное комплектование, обеспечение сохранности фонда и



своевременного возврата документации, работа с задолжниками и инвентаризация.

Функционал разработанной системы имеет два основных направления: ввод в систему необходимой информации и вывод результатов конечному пользователю.

Таким образом, данная система реализует следующие основные функции:

- пополнение книжного фонда;
- списание книг;
- каталогизация книг;
- запись читателя в библиотеку;
- закрытие абонента читателя;
- поиск и выдача книги читателю;
- подготовка сведений о читателях – должниках.

Система выполнена в среде разработки Visual Studio 2013 на языке программирования C#. База данных системы реализована в системе управления реляционными базами данных Microsoft SQL Server.

### Литература

- 1 Брофи П. Современная библиотека учебного заведения. — М.: Омега-Л, 2011. — 312 с.
- 2 Антопольский А. Б. Электронные Библиотеки России Для Молодежи: Стратегия Развития. — М., 2012. — 11 с.

Т.Н. Соснина

### ВИРТУАЛЬНЫЙ ПРОДУКТ: АНАЛИЗ СУБСТРАТНОЙ ОСНОВЫ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Основу жизненных циклов виртуальных продуктов, также как и любых других, составляют объективное и субъективное начала. Однако, в виртуальных видах деятельности они трансформируются в образования, не имеющие аналогов.

Субстрат виртуальных продуктов образует «симбиоз» идеального и материального, духовного и вещественного. Первое ассоциируется с активностью естественного живого субъекта (индивид, группа), второе — с активностью искусственного субъекта (информационные системы).

*Естественный субъект* действует в виртуальном пространстве-времени, мобилизуя свой психофизический потенциал — сознание. Это высшая форма отражения, присущая человеку, есть производное функционирующего мозга — материального субстрата сознания. Мозг наделен способностью, с одной стороны, воспринимать информацию о внешней среде, с другой — «обращаться» к «себе самому» с целью осознания собственной сущности. Результатом «соеди-



нения» этих потоков информации выступает знание о мире и о самом себе. Другими словами, сознание обладает качествами всех простых моментов деятельности в классическом ее понимании – субъект, средства и предмет труда. Человек способен к ориентации в настоящем и будущем, используя приобретенные в прошлом знания и навыки.

Субстрат виртуального предмета и продукта в этом случае проявляется как совокупность всех форм психической деятельности человека:

- на уровне познавательных процессов (ощущение, восприятие, представление, мышление, память, язык, речь);
- на уровне эмоциональных состояний (позитивная и негативная реакция, активность и пассивность поведения);
- на уровне волевых актов (принятие решений, их исполнение).

Сознание индивида (группы), функционирующее в режиме циклов виртуальных видов продукции, реализует свой совокупный потенциал, создавая идеальные конструкты разного типа сложности.

*Искусственный субъект* обнаруживает свою сущность, выполняя функции средств труда (орудий и условий), через посредство которых выпуск виртуальной продукции становится фактом.

Отличие этих средств труда от используемых в материальном и духовном производстве не является препятствием для признания за ними статуса субъективности.

Субстрат средств труда ассоциируется с вещественными образованиями применительно к сфере материального производства. В отношении к духовным видам деятельности (наука, искусство и т.п.) средства труда имеют как материальную форму (приборы, оборудование, производственные помещения и т.п.), так и идеальную (понятие, суждения, умозаключение, гипотезы, теории, модели и т.п.).

Субстрат средств труда независимо от принадлежности к материальному или идеальному выполняет главную функцию – служит проводником усилий человека (субъекта деятельности), направляемых на предмет труда с целью преобразования его в продукт.

По мере развития нового типа производства – виртуального – появилась объективная необходимость расширения функций средств труда за счет ускоренной передачи им интеллектуальных функций социума. Но интеллектуальная характеристика является базовой для человека, поэтому способность вещественного субстрата к выполнению функций такого рода, ставит проблему субъективности неживых образований.

Как решалась эта проблема с учетом методологических установок? Практика виртуальных производств давала основание для признания за вычислительной техникой особых качеств средства труда:

1. Результаты ее функционирования оказались уникальными. В 2010 году в мире было генерировано 4 эксабайта информации, то есть больше, чем за последние 5000 лет.



Существенен момент открытости информации, возможность использования ее не только как средства труда, но и как средства жизнедеятельности социума – глобального целого [1].

С помощью ЭВМ появилась возможность создавать программное обеспечение, способное изменить алгоритмы функционирования любых сфер производства – материального, духовного, виртуального, социального.

2. Производительность компьютеров быстро растет за счет внедрения многоядерной архитектуры, увеличения вместимости средств хранения данных, требующихся для расчетов и моделирования интернет – публикаций, архивов.

3. Развитие информационно-компьютерных технологий позволяет вести их разработку в контексте создания искусственного интеллекта, «соотнесения» его с интеллектом естественным.

Различие субстратной основы компенсируется созданием интерфейсов, позволяющих наладить контакты естественного и искусственного субъектов через формализованные языки. Появляются проблемы. Их решают, изучая характеристики каждого из взаимодействующих субъектов, потенциал которых задействован на функционировании жизненных циклов виртуальной продукции, видоизменяются параметры системного образования «интерфейс – языки программирования».

Интенсивно ведутся разработки по созданию новых языков программирования, направленных на стирание граней между пользователем и программистом, в способах общения человека с машиной: система «программист →> классический язык программирования», «пользователь →> интерфейс» заменяется системой «программист →> классический язык программирования + визуальный язык программирования», «пользователь →> интерфейс + визуальный язык программирования».

Анализ субстратной основы предмета труда и продукта виртуального производства рассмотрим в трех состояниях.

1. *Жизненный цикл продукции виртуального офиса; виртуальной корпорации.*

Естественный и искусственный субъекты создают в этом случае продукцию в виде идеальных конструктов (техническая документация программного обеспечения), отвечающих стандартным требованиям, дающих полное и точное описание на каком-либо формализованном языке процесса обработки информации, приводящей к решению задачи.

Субстрат здесь ассоциируется с определенным содержанием (тесты, графики и т.д.) и оформлением (тип носителя) документов.

Идеальный конструкт формируется последовательно от этапа нулевого предмета труда к первичному, вторичному и т.д. [2].

Субстрат виртуального продукта отражает совокупные затраты естественного субъекта (процессы распределения и опредмечивания требуют психофизических затрат интеллектуального, эмоционально-нравственного по-



тенциала личности/группы), а также искусственного субъекта (техно-технологическое обеспечение деятельности естественного субъекта).

2. *Жизненный цикл продукта виртуального индивидуального пользователя* (на примере компьютерных игр).

Естественный и искусственный субъекты создают продукт в виде эффекта погружения естественного субъекта в иллюзорный (мнимый) мир.

Субстрат в этом случае ассоциируется с игровыми сюжетами (моделирование событий, активное в них участие естественного субъекта) и формой их технико-технологического обеспечения.

В последнее десятилетие компьютерные игры «переместились» на более высокий уровень: виртуальное игровое пространство трансформировалось в сетевое качество, «подкрепленное» соответствующим технико-технологическим обеспечением. Тренды их использования расширились, возможность удовлетворения «аппетита» участников увеличились (игровая тематика вышла на внеигровые темы).

Итоги развития ситуации не заставили себя ждать. С одной стороны, продажа игр резко возросла, ИТ бизнес является наиболее успешным, с другой – обнаружилось негативное явление, связанное с состоянием здоровья геймеров (утрата ими эмоционального личностного компонента, чувства ответственности, отчуждение от привычных координат бытия – природа, семья, школа, друзья, ощущение собственной неполноценности, ненужности) [3].

Негативные последствия стали предметом размышления ученых, политиков, общественных деятелей. Тревогу вызывает рост числа поклонников компьютерных развлечений, изменение субстратной основы самого виртуального продукта.

«Сейчас примерно 10 – 14% из тех, кто играет в компьютерные игры, являются игроманами, то есть испытывают психологическую зависимость от игр». В России компьютерными и онлайн-играми увлечено почти 40 млн. человек. По прогнозам в 2016 году в различные игры будет вовлечен каждый третий житель России (более 56 млн. человек). Аналогичная картина наблюдается и в других странах. Проведенное компанией SONY исследование показало: количество геймеров по всему миру достигло 1 млрд. (220 млн. из них живет в США).

3. *Жизненный цикл виртуального продукта, обладающего художественной ценностью* (на примере театральных видов деятельности).

Спектакль воспроизводит виртуальную реальность, участниками и творцами которой становятся все присутствующие – артисты, зрители, в широком смысле слова – весь персонал театра. В этом плане изречение «театр начинается с вешалки» достаточно точно воспроизводит ситуацию.

Процесс и продукт театральных видов деятельности есть производное функционирования двух естественных субъектов (носителей субстратного качества) – артистов и зрителей. Такая ситуация объясняется тем, что артисты и зрители взаимосвязаны друг с другом по параметру «предмет труда».



Координаты различны, но функциональная суть одна: артисты играют для зрителей (один вариант предмета труда), зрители, демонстрируя в той или иной форме свое отношение к спектаклю, «переводят» артистов в статус предмета их труда (второй вариант предмета труда).

Субстратная основа искусственного субъекта одновременно с качеством предмета труда обнаруживает качество средства труда. Таковыми выступают артисты: их труд становится возможным лишь при содействии «технического сопровождения». В определенной мере зрители также (хотя бы частично, в лице наиболее активной заинтересованной части) способствуют исполнению спектакля, эмоционально его «подпитывая».

Субстратной основой виртуального процесса и продукта жизненного цикла в рассматриваемом нами варианте служит психофизиологическое начало, образы, при посредстве которых формируется определенный настрой у зрителей и актеров. Совместными усилиями создается «эффект присутствия», эффект виртуальной сопричастности, возникающий во время спектакля. Финал – изменение в той или иной мере мироощущения как зрителей, так и артистов.

### Литература

1. Тихомирова, Н.В. Умные кадры для SMART-города [Текст] / Н.В.Тихомирова // Информационное общество.- 2012.- № 6. - С.58-61.
2. Соснина, Т.Н. Предмет труда (философский анализ) [Текст] / Т.Н.Соснина.-Изд-во Саратовск. ун-та, 1974.-С.6-61;Соснина,Т.Н. Стоимость: экономический, экологический, социальный аспекты (методологическое исследование) [Текст] / Т.Н.Соснина.- Изд-во СНЦ РАН.- Самара, 2008.- С.9-17.
3. Баева, Л.В. Психологический портрет поклонников компьютерных игр [Текст] / Л.В. Баева // Информационное общество.- 2014.- № 2. - С.21-24.

Н.Н. Стратилатова, В.К. Скимунт, А.С. Егоров,  
Ю.С. Юрыгина, А.С. Анисимов, О.И. Лахин, А.В. Чехов

### СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТЬЮ НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БАЗ ЗНАНИЙ (ОНТОЛОГИЙ) И МУЛЬТИАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

(АО «РКЦ «Прогресс», ООО «НПК «Разумные решения», г. Самара)

Рассматривается проект создания системы управления интеллектуальной собственностью на основе использования баз знаний (онтологий) и мультиагентных технологий.

**Ключевые слова:** управление объектами интеллектуальной собственности, повышение экономической эффективности внедрения объектов интеллектуальной собственности, мультиагентные технологии.





Увеличение сложности решаемых задач на современных промышленных предприятиях, высокая динамика изменений сложных проектов, постоянное повышение требований заказчика в сфере НИОКР к срокам реализации проектов и подтверждению стоимостных показателей контрактов, заставляют вышших руководителей искать новые подходы к повышению эффективности выполнения работ.

В условиях жесткой конкуренции только уникальный характер интеллектуальной собственности может обеспечить предприятию в долгосрочном периоде достаточно прочные и высокие монопольные барьеры, позволяющие получать стабильные доходы на рынке в долгосрочном периоде. Технологии оценки объектов интеллектуальной собственности позволяют не только определить ценность (стоимость) этого ресурса для собственника, но и представить его рыночную ценность, уровень востребованности объектов интеллектуальной собственности (ОИС) на рынке, а следовательно, и дальнейшую стратегию деятельности собственника по реализации и внедрению объектов интеллектуальной собственности.

Учитывая, данные потребности промышленных предприятий был сформирован проект системы управления интеллектуальной собственностью, реализация которого может повысить эффективность целевого использования ОИС в деятельности предприятий.

Целью проекта является: разработка системы управления интеллектуальной собственностью (СУИС) в интересах предприятий ракетно – космической отрасли на основе инновационных средств и методов поддержки процессов создания и внедрения передовых конструкторских решений в разработку изделий ракетно – космической техники (РКТ), базирующихся на построении корпоративной сети управления знаниями, содержащимися в технической документации разработчиков, в патентах, в публикациях и других источниках рассматриваемой предметной области.

В этих целях в проекте предусматривается:

- создание онтологии предметной области, структуры базы знаний отрасли и современных технологий классификации и интеллектуального анализа данных сверхбольшого объема;
- разработка специализированных интерфейсов доступа к разнородным данным, циркулирующим в сетях, содержащих сведения об объектах изобретательства, рационализаторства, инноваций и интеллектуальной собственности предприятий отрасли и Роскосмоса, как Госзаказчика;
- разработка организационных алгоритмов взаимодействия сетей изобретательства, рационализаторства, инноваций на основе SemanticWeb и «мультиагентной интранет» как интеллектуальной основы СУИС для предприятий РКТ.

Разрабатываемые компоненты призваны повысить продуктивность и эффективность работы специалистов в предметной области РКТ за счет семантизации создаваемых и имеющихся документов (в отечественных и международных публикациях, патентах и изобретениях, 3Д-моделей изделий, результатов расчетов, модельных и натурных испытаний и т.д.), а также смысловой под-



держки процессов коммуникации и взаимодействия разработчиков, позволяя преодолевать барьеры между предприятиями за счет формирования единой базы знаний отрасли и открытого для всех предприятий активного экспертного сообщества.

В ходе реализации проекта создания СУИС на первом этапе предполагается разработать прототип отраслевой базы знаний (онтологии) и мультиагентной системы для управления интеллектуальной собственностью и поддержки взаимодействия разработчиков предприятий РКТ. Наличие базы знаний (онтологии) предметной области позволит создавать семантические дескрипторы для любых конкретных объектов изобретательства, рационализаторства, инноваций и интеллектуальной собственности предприятий, а также формировать сведения о результатах выполненных работ, а также персональные данные об опыте, квалификации и компетенции ведущих специалистов отрасли.

Например, для заданного изделия можно будет описать, из каких основных частей оно состоит по схеме деления, какие предприятия делают данные части, кто генеральный конструктор каждой из частей, каковы компетенции и опыт каждого конструктора, какие патенты лежат в основе изделия, где можно найти публикации по результатам испытания изделия, кто проводил испытания, какие были доработки и т.д.

Каждый такой дескриптор, представляющий собой, в отличие от обычных ключевых слов (тэгов), семантическую сеть на основе онтологии предметной области, может описывать (аннотировать) содержание любого кванта знаний (по сути – модель ситуации), включая тексты статей или патентов, 3Д-модели, фото или видео-сюжет, таблицы с данными экспериментов или модельных или натурных расчетов и т.д.

Разработанные дескрипторы будут входными данными и результатами работы для программных агентов, представляющих собой простейшую сеть потребностей и возможностей, где, например, документы рассматриваются как ресурсы (возможности), а потребители информации – как заказы (потребности).

Работа системы основана на постоянном матчинге (поиске соответствий) между потребностями и возможностями, равно как и между ними самими, для формирования группировок (коалиций), приобретающих большую важность и значимость для системы.

В результате предлагаемая система будет представлять собой самоорганизующуюся сеть потребностей и возможностей, в которой выстраивается динамический баланс интересов агентов по удовлетворению потребителей.

Подчеркнем главное, что в самоорганизующихся системах каждый агент должен сам принимать решение и создавать новые или разрушать старые, мало эффективные связи – но делать это по согласованию с теми, с кем он уже установил связи. При этом часть агентов может набирать очки и подниматься «вверх» в самоорганизующейся среде, участвуя во все более сложных структурах связей и набирая энергию от успешного применения пользователями, а часть просто «разоряется», скатывается вниз в рейтингах и постепенно уходит со все большего числа экранов пользователей, после чего полностью выводится



из системы или помещается во временный «отстой», моделируя работу диссипативных систем с нелинейной термодинамикой. Структурная схема взаимодействия разнородных приложений СУИС представлена на рисунке 1.

При этом работа СУИС будет позволять в любой момент времени вводить новые события (новый документ, новый эксперт и т.д.) для адаптивной перестройки сети без полного останова и перезапуска системы. В результате работы СУИС можно будет также увидеть рейтинг всех материалов и степень их использования в различных проектах.

Получаемые результаты могут использоваться для целей оценки востребованности и эффективности знаний, генерируемых разными предприятиями и организациями отрасли.

Основными результатами создания СУИС будут системные особенности, повышающие эффективность использования ОИС, по выполнению проект НИОКР на промышленных предприятиях и использование принципов создания мультиагентного подхода к принятию решений по управлению ресурсами в инновационных проектах с учётом онтологической модели, позволяющей учитывать распределение ресурсов и вести оценки рисков реализации НИОКР.

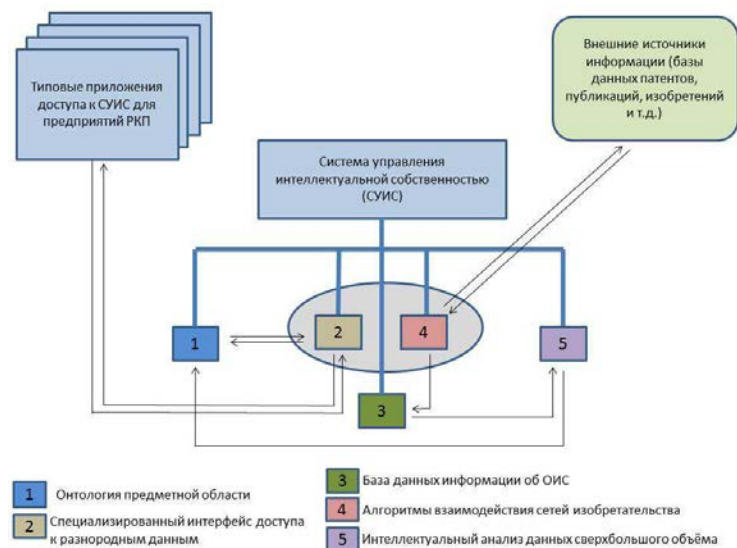


Рис. 1. Схема взаимодействия разнородных приложений в СУИС



В.Н. Тарасов, О.В. Трофимова

## ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К РАЗРАБОТКЕ ЭКСПЕРТНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

(Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)

### Введение

В последнее время благодаря государственной поддержке уделяется значительное внимание информатизации здравоохранения на основе создания медицинских информационных систем, которые призваны повысить эффективность и качество оказания медицинских услуг. Однако их анализ показывает, что несмотря на большое количество таких систем, подавляющее их большинство направлены все же на решение задач сбора первичных данных о пациентах и формирование статистической отчетности, а также на решение задач управления лечебно-профилактическими учреждениями [1].

Для повышения качества оказания медицинских услуг и снижения вероятности врачебной ошибки такие информационные системы в первую очередь должны обеспечивать поддержку принятия врачебных решений, т.е. должны функционировать совместно с системами поддержки принятия решений в классическом понимании, либо их дополнять.

Эффективным подходом к решению этой задачи стало бы создание экспертных интеллектуальных систем, включающих базы знаний в поддержку принятия врачебных решений. Как обычно это происходит, врач при осмотре пациента наблюдает симптомы заболевания визуально, либо их озвучивает пациент. Набор симптомов позволяет идентифицировать нозологические единицы, т.е. идентифицировать заболевание – поставить диагноз, а также определить синдром и отнести его к группе состояний, являющихся следствием заболевания.

Кроме ограничения врача во времени, существует проблема: наличие необходимой для принятия решения информации, особенно когда пациент не может объяснить симптомы или же наблюдаемые симптомы обуславливают разные диагнозы. В этих случаях информационная поддержка врача позволит ему сформировать объективное представление о заболевании и определить первоочередные меры его лечения.

**Постановка задачи.** Проведенный анализ процесса постановки диагноза врачом на основе наблюдаемых симптомов показывает, что врач для постановки диагноза руководствуется внешними проявлениями заболевания и жалобами пациента. Причем установлено, что существует взаимосвязь между симптомами согласно правилу: «если симптом(1) + если симптом(2) ... + ... если симптом(K) ..., то симптом (M)». Конечный набор симптомов и позволяет идентифицировать диагноз.



Для примера рассмотрим симптомы и постановку диагноза при заболеваниях сердечно-сосудистой системы. При осмотре больного с признаками перечисленных заболеваний врач может наблюдать конкретные симптомы, которые обозначим  $S_1, S_2, \dots, S_m$ , не раскрывая в статье их словесного содержания. Причем, каждый из перечисленных симптомов будет иметь свою значимость (вес) в диагнозе, т.е. их проявление логически взаимосвязано. Следовательно, можно построить цепь симптомов и определить наиболее вероятный диагноз. Таким образом, задача заключается в построении конечного набора симптомов, позволяющего надежно идентифицировать заболевание.

### Решение задачи

Для решения поставленной задачи на начальном этапе применим метод ассоциативных правил. Решение задачи поиска ассоциативных правил, как и любой задачи сводится к обработке исходных данных и получению результатов. Обработка исходных данных выполняется по некоторому алгоритму. Результаты, получаемые при решении этой задачи, принято представлять в виде ассоциативных правил. В связи с этим при поиске выделяют два основных этапа [2]:

1. нахождение всех частых наборов объектов;
2. генерация ассоциативных правил из найденных частых наборов объектов.

Таким образом, необходимый для постановки диагноза набор симптомов может быть определен методом ассоциативных правил. При этом начальное число симптомов всегда берется два, а затем происходит добавление симптомов до тех пор, пока диагноз не будет установлен однозначно. Заметим, что ассоциативные правила не связывают напрямую симптомы и диагноз.

Далее, с привлечением вероятностно-статистических методов, может быть рассчитана вероятность правильности определения диагноза по полученному набору симптомов. Для этого воспользуемся методом Байеса, который позволит получить процентное (долевое) выражение участия каждого из симптомов в диагнозе, предполагая изначально независимость симптомов между собой. Это все же довольно грубое допущение метода, т.к. зачастую симптомы могут быть зависимыми.

### Стадия обучения системы

Рассмотрим эту теорию для объектов из таблицы 1, где приведены сочетания симптомов, полученные при осмотре пациента для постановки диагноза, обозначенного  $D$ . Для этого рассчитаем необходимые вероятности, при которых можно будет подтвердить диагноз  $D$  или его отвергнуть.

Здесь вариантов всех исходов 14, из них вариантов «да», что диагноз  $D$  подтвердится 9, вариантов «нет», что диагноз  $D$  не подтвердится, - 5. Следовательно, в этом примере априорные вероятности гипотез о подтверждении и не подтверждения диагноза равны:  $P(D=\text{да})=9/14$ ,  $P(D=\text{нет})=5/14$ . Эти априорные вероятности нам и предстоит пересчитать с помощью формул Байеса, т.е. получить соответствующие апостериорные вероятности 2-х введенных гипотез.



Условные вероятности симптомов  $S_3, S_4, S_{10}$  при условии подтверждения диагноза будут равны:  $P(S_{10}|D=\text{да})=4/9$ ,  $P(S_3|D=\text{да})=4/9$ ,  $P(S_4|D=\text{да})=1/9$ , а при не подтверждении -  $P(S_{10}|D=\text{нет})=1/5$ ,  $P(S_3|D=\text{нет})=1/5$ ,  $P(S_4|D=\text{нет})=3/5$ .

Таблица 1 Информация о подтверждении диагноза при разных симптомах

| Сочетания 2-х важных симптомов |          | Возможные проявления 2-х других симптомов |       | Подтверждение диагноза $D$ |
|--------------------------------|----------|-------------------------------------------|-------|----------------------------|
|                                |          | $S_9$                                     | $S_5$ |                            |
| $S_{10}$                       | $S_7$    | да                                        | нет   | да                         |
| $S_{10}$                       | $S_6$    | да                                        | да    | да                         |
| $S_3$                          | $S_7$    | нет                                       | да    | да                         |
| $S_4$                          | $S_{12}$ | да                                        | да    | нет                        |
| $S_3$                          | $S_6$    | нет                                       | нет   | да                         |
| $S_4$                          | $S_6$    | да                                        | нет   | нет                        |
| $S_3$                          | $S_6$    | нет                                       | да    | да                         |
| $S_{10}$                       | $S_{12}$ | да                                        | да    | нет                        |
| $S_{10}$                       | $S_6$    | нет                                       | нет   | да                         |
| $S_4$                          | $S_6$    | да                                        | нет   | нет                        |
| $S_{10}$                       | $S_{12}$ | нет                                       | да    | да                         |
| $S_3$                          | $S_7$    | нет                                       | да    | да                         |
| $S_3$                          | $S_7$    | нет                                       | да    | нет                        |
| $S_4$                          | $S_{12}$ | да                                        | нет   | да                         |

Условные вероятности симптомов  $S_3, S_4, S_{10}$  при условии подтверждения диагноза будут равны:  $P(S_{10}|D=\text{да})=4/9$ ,  $P(S_3|D=\text{да})=4/9$ ,  $P(S_4|D=\text{да})=1/9$ , а при не подтверждении -  $P(S_{10}|D=\text{нет})=1/5$ ,  $P(S_3|D=\text{нет})=1/5$ ,  $P(S_4|D=\text{нет})=3/5$ . Определим далее вероятность подтверждения диагноза  $P(D=\text{да}|S)$  при следующих значениях независимых симптомов:  $S_3, S_6, S_9, S_5$ .

Здесь набор независимых симптомов  $\{S_3, S_6, S_9, S_5\}$  для краткости изложения обозначен как событие  $S$ . Для определения вероятности  $P(D=\text{да}|S)$  нужно найти следующие условные вероятности по данным таблицы 2:  $P(S_3|D=\text{да})=4/9$ ,  $P(S_6|D=\text{да})=4/9$ ,  $P(S_9|D=\text{да})=3/9$ ,  $P(S_5|D=\text{да})=5/9$ . Для определения вероятности не подтверждения диагноза нужно вычислить следующие условные вероятности по данным таблицы 2:  $P(S_3|D=\text{нет})=1/5$ ,  $P(S_6|D=\text{нет})=2/5$ ,  $P(S_9|D=\text{нет})=4/5$ ,  $P(S_5|D=\text{нет})=3/5$ .

Подставляя соответствующие вероятности в числители формул Байеса, получим следующие значения:

$$P(D=\text{да}|S) \times P(D=\text{да}) = 4/9 \times 4/9 \times 3/9 \times 5/9 \times 9/14 = 0,0235;$$

$$P(D=\text{нет}|S) \times P(D=\text{нет}) = 1/5 \times 2/5 \times 4/5 \times 3/5 \times 5/14 = 0,0137.$$

В данном случае можно утверждать, при наблюдаемых симптомах диагноз подтвердится с вероятностью:

$$P(D=\text{да}|S) = 0,0235 / (0,0235 + 0,0137) = 0,63; \text{ и не подтвердится с вероятностью: } P(D=\text{нет}|S) = 1 - 0,63 = 0,37.$$

Следовательно, для постановки диагноза, вероятности его подтверждения  $P=0,63$  не достаточно и требуется систему дообучить для повышения ее достоверности путем последовательного добавления дополнительных симптомов.



Мы же для сокращения выкладок, для этого в таблицу 2 добавим сразу два дополнительных наблюдаемых у пациента симптома:  $S_{11}$  и  $S_8$  (см. табл.2). Иначе пришлось бы иметь дело еще с несколькими таблицами для демонстрации последовательного обучения системы.

Таблица 2 Информация о подтверждении диагноза при разных симптомах

| Сочетания 2-х важных симптомов |          | Возможные проявления 4-х других симптомов |       |       |       | Подтверждение диагноза $D$ |
|--------------------------------|----------|-------------------------------------------|-------|-------|-------|----------------------------|
|                                |          | $S_{11}$                                  | $S_8$ | $S_9$ | $S_5$ |                            |
| $S_{10}$                       | $S_7$    | да                                        | нет   | да    | нет   | да                         |
| $S_{10}$                       | $S_6$    | нет                                       | да    | да    | да    | да                         |
| $S_3$                          | $S_7$    | да                                        | нет   | нет   | да    | да                         |
| $S_4$                          | $S_{12}$ | нет                                       | да    | да    | да    | нет                        |
| $S_3$                          | $S_6$    | да                                        | да    | нет   | нет   | да                         |
| $S_4$                          | $S_6$    | да                                        | да    | да    | нет   | нет                        |
| $S_3$                          | $S_6$    | да                                        | да    | нет   | да    | да                         |
| $S_{10}$                       | $S_{12}$ | да                                        | да    | да    | да    | нет                        |
| $S_{10}$                       | $S_6$    | да                                        | да    | нет   | нет   | да                         |
| $S_4$                          | $S_6$    | нет                                       | да    | да    | нет   | нет                        |
| $S_{10}$                       | $S_{12}$ | да                                        | да    | нет   | да    | да                         |
| $S_3$                          | $S_7$    | да                                        | да    | нет   | да    | да                         |
| $S_3$                          | $S_7$    | да                                        | нет   | нет   | да    | нет                        |
| $S_4$                          | $S_{12}$ | да                                        | да    | да    | нет   | да                         |

Подставляя соответствующие вероятности, получим следующие значения:

$$P(D=\text{да}|S) \times P(D=\text{да}) = (4/9 \times 4/9 \times 3/9 \times 5/9 \times 7/9 \times 9/14) = 0,0142;$$

$$P(D=\text{нет}|S) \times P(D=\text{нет}) = (1/5 \times 2/5 \times 4/5 \times 3/5 \times 2/5 \times 1/5 \times 5/14) = 0,0011.$$

Окончательно вероятность для подтверждения диагноза при таких сопутствующих симптомах:

$$P(D=\text{да}|S) = 0,0142 / (0,0142 + 0,0011) = 0,93; \text{ - для подтверждения диагноза}$$

$$P(D=\text{нет}|S) = 1 - 0,93 = 0,07.$$

Обучая систему таким образом, можно повысить достоверность принятия решений, доведя вероятность правильности диагноза вплоть до 99,9%.

### Заключение

Такой подход подводит к идее разработки экспертной интеллектуальной системы (ЭИС) – информационной системы, использующей экспертные знания для обеспечения эффективного принятия решений в медицине или в других областях. При этом знания и опыт экспертов (специалистов в своей области) будут представлены в базе знаний, представляющей совокупность правил вывода в данном случае с использованием двух научных подходов: метода ассоциативных правил и теорию Байеса.



### Литература

1. Халафян А. А. Анализ и синтез медицинских систем поддержки принятия решений на основе технологий статистического моделирования / Автореф. дис. д.т.н. Краснодар - 2010.
2. Баргесян А.А. и др. Технологии анализа данных: Data Mining, Visual Mining. / Спб.: БХВ-Петербург. - 2007. – 384 с.
3. Тарасов, В.Н. Об одном из способов повышения надежности классификационного анализа / В.Н. Тарасов // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2014. - №4. - С.107-111.

Д.А. Тархов, А.А. Симакина, А.И. Суднева

### ОБРАБОТКА ДАННЫХ МЕТОДОМ ТРЕУГОЛЬНЫХ ПРИБЛИЖЕНИЙ

(Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский Политехнический университет Петра Великого», Санкт-Петербург, Россия)

**Аннотация.** Предлагается новый метод построения нейронной сети с радиальными базисными функциями или персептрона с одним скрытым слоем по зашумлённым данным, которую можно использовать для последующего дообучения. Данный метод основан на приближении выборки суммой функций, графиками которых являются равнобедренные треугольники. Для приближения каждой такой функции гауссианом или парой сигмоид используется заранее полученное оптимальное приближение стандартной треугольной функции. Рассматриваются четыре варианта организации алгоритма, проведено их сравнительное тестирование в ряде численных экспериментов. Обсуждаются возможности применения данного подхода к построению гибридных алгоритмов поиска решений дифференциальных уравнений, сочетающего классические и нейросетевые методы.

**Описание алгоритма.** Опишем результаты численных экспериментов в случае, когда искомая нейронная сеть имеет один вход и один выход. Пусть в результате эксперимента или наблюдений за некоторым процессом был получен набор точек  $\{x_i, y_i\}$ .

**Алгоритм 1.** Шаг 1. Среди полученных точек выбираем точку с максимальной по модулю координатой по оси ординат (для простоты назовем её  $M$ , а её абсциссу  $X_m$ ). Зеркально отражаем все точки относительно  $M$ , абсциссы которых больше  $X_m$ .

Шаг 2. Используя метод наименьших квадратов, строим линейную зависимость, график которой проходит через точку  $M$  ( $y = ax + b$ ).

Шаг 3. Отражаем получившуюся прямую так, чтобы образовался равнобедренный треугольник, основание которого лежит на ОХ. Описываем треугольник, как кусочно-заданную функцию.



Шаг 4. Рассматриваем разность ординат  $Y_i$  точек, не лежащих на треугольнике, и получившихся треугольных функций (стоит учесть, что функция за пределами треугольника равна 0).

Шаг 5. В результате получаем новый набор точек, с которым проделываем вышеперечисленные итерации  $N$  раз (чем больше  $N$ , тем меньше получим ошибку на выходе, однако при больших  $N$  мы приближаем не только искомую функцию, но и шум).

Шаг 6. В конце у нас получается  $N$  треугольников, каждый из которых мы аппроксимируем гауссианами или сигмоидами. Приближение гауссианами даёт RBF-сеть (нейронную сеть с радиальными базисными функциями), а сигмоидами – персептрон с одним скрытым слоем.

Из графиков было получено, что после оптимального числа шагов получается приближение, точность которого превышает точность исходных данных. Дальнейшая работа алгоритма только ухудшает конечный результат.

#### Вариации 1ого алгоритма

**Алгоритм 2.** В первом алгоритме изменим второй шаг. Как и прежде будем строить линейную зависимость, но теперь, строя её, мы не учитываем, что точка, соответствующая максимальной координате по оси ординат будет лежать на стороне треугольника.

**Алгоритм 3.** Возьмем первые четыре шага первого алгоритма. После четвертого шага запомним сумму квадратов разности ординат точек, не лежащих на треугольнике, и получившихся прямых, также запомним точку с максимальной ошибкой  $M$ . Проведем ещё раз шаги 1-4, но теперь рассматриваем не все точки (отбросим одну самую отдалённую точку от  $M$ ). Эту процедуру мы проделываем для того, чтобы посмотреть, когда будет минимальная сумма квадратов ошибок по выборке. Затем посмотрим, чему будет равна ошибка, если мы отбросим ещё одну точку. Будем повторять эту процедуру до тех пор, пока не дойдем до того, что останется две точки:  $M$  и ещё одна. Исходя из нашего метода, мы можем построить треугольник минимум по двум точкам: одна из точек будет вершиной треугольника, а по второй построим одну из сторон. Если в результате эксперимента количество точек достаточно велико или мы хотим упростить наши вычисления, то можно “откидывать” не одну, а несколько точек, однако в этом случае изменится точность полученной минимальной ошибки. Следует заметить, что в этом методе суммирование будет всегда происходить для всех  $n$  точек, независимо от того, для скольких точек строится линейная регрессия. После того, как мы получим все наши ошибки, ищем из получившихся сумм наименьшую, и для набора точек, соответствующих данной сумме, строим треугольник. Дальнейшие действия будут как в исходном методе.

**Алгоритм 4.** В этом методе мы объединим второй и третий. Стороны будем искать с помощью линейной регрессии, не учитывая, что точка, соответствующая максимальной ординате, – вершина треугольника. А из метода 3 мы возьмем “поиск наименьшей суммы квадратов ошибки”, то есть будем



“откидывать” точки и искать такой треугольник, где ошибка по выборке для него будет минимальна.

**Алгоритм 5.** В алгоритмах 1-4 мы строили равнобедренный треугольник на Зем шаге. Теперь рассмотрим алгоритм, в котором треугольник таковым не является. Отметим, что если рассматривать обычный треугольник, то больше не надо отражать точки относительно оси, проходящей через точку  $M$ .

#### Сравнение алгоритмов

В результате экспериментов были проанализированы все методы. Можно сделать общий вывод, что Зий алгоритм лучше всего приближает нашу функцию, но в случаях с большим разбросом можно также воспользоваться алгоритмами 1 и 4. Целесообразность применения алгоритма 1 вытекает из его существенно меньшей трудоёмкости, в особенности это актуально при обработке данных в режиме реального времени. Алгоритм 3 является более универсальным в случае ограниченности данных и достаточных вычислительных ресурсов, так как он работает для всех случаев и достаточно точно. Алгоритм 5 работает намного хуже, чем предложенный в самом начале алгоритм 1. Его ошибки по истинному значению и по выборке в разы больше, чем ошибки, полученные в 1ом методе.

#### Литература

1. Бастенс Д.Э., Ван ден Берг, Вуд Д. Нейронные сети и финансовые рынки: принятие решений в торговых операциях. – М: ТВП, 1998. – 236с.
2. Васильев А.Н., Тархов Д.А. Нейросетевое моделирование. Принципы. Алгоритмы. Приложения. – СПб.: Изд-во СПбГПУ, 2009. – 528 с.
3. Горбатов С.А., Полупанов Д.В., Макеева Е.Ю., Бирюков А.Н. Методологические основы разработки нейросетевых моделей экономических объектов в условиях неопределённости. – М: ИД «Экономическая газета», 2012. – 494 с.
4. Тархов Д.А. Нейросетевые модели и алгоритмы. – М.: Радиотехника, 2014. – 352 с.
5. Тархов Д.А. Нейронные сети как средство математического моделирования// Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2006. – № 2. – С.1-49.





О.В. Тихонова, В.В. Мокшин

## ОБНАРУЖЕНИЕ И ОТСЛЕЖИВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В ЗАШУМЛЕННОЙ СРЕДЕ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННО- ВРЕМЕННОГО АНАЛИЗА ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

(Казанский национальный исследовательский технический университет  
имени А. Н. Туполева)

Задача обнаружения и отслеживания динамических объектов широко используется для анализа дорожного трафика, в системах видеонаблюдения, [1-3] и ряде других задач. Актуальность задачи определения движущихся объектов обусловлена необходимостью анализа сложных сцен. Возникает необходимость поиска объектов в условиях зашумления сцены, при слабо меняющемся фоне. В результате необходимо осуществлять поиск движущихся объектов с высокой скоростью и достоверностью. Видео рассматривается как последовательность монохромных кадров. Таким образом, видеопоследовательность можно представить как тензор третьего ранга. В [4] представлена реализация алгоритмов таких как устойчивый метод главных компонент (RPCA) [5-7], низко ранговое представление (Low-Rank Representation) [8, 9], тензорное разложение (Tensor Decomposition) [10], пространственное отслеживание (Subspace Tracking), факторизация неотрицательной матрицы (Non-negative Matrix Factorization) [11], неотрицательное тензорное приближение (Non-negative Tensor Factorization) [11], использующие как матричное, так и тензорное исчисление, для обнаружения и отслеживания объектов. В процессе анализа работы алгоритмов из [4], сформировались следующие направления исследований: выявление зависимости времени работы алгоритмов от размерности файла, ошибки распознавания от качества видео и сравнительный анализ метода вычитания фона и метода прогнозирования фона. Все эксперименты проводились на Intel Core i5-3210M CPU 2.50GHz с 6Gb of RAM при помощи MATLAB R2015a на Windows 7 Professional.

Зависимость времени работы алгоритмов от размерности файла.

Исследования проводились при помощи [4]. Выбирались отрезки одной записи дорожного движения с камеры видеонаблюдения разной длины. Поскольку в [2] используются 5 групп методов, то для исследования из каждой группы выбирался самый быстрый и самый медленный по времени исполнения метод. Полученные результаты изображены на Рис. 1 и на Рис. 2. Методы не показали существенного различия: при увеличении числа кадров время работы программы увеличивается.

Для анализа методы выбираются аналогично предыдущему пункту. Ошибка распознавания для каждого файла считается как отношение распознанных объектов к общему числу объектов. Изначально дано видео – запись дорожного движения с камеры видео наблюдения. Качество видео изменяется при



помощи программы Format Factory. Результаты приведены на Рис. 3 и Рис. 4. Из этого можно сделать вывод, что методы, время работы которых больше, распознают объекты с более высокой точностью, при улучшении качества видео методы распознают объекты на видео с меньшей ошибкой.

Сравнительный анализ метода вычитания фона и метода прогнозирования фона.

При выполнении данного эксперимента были рассмотрены два известных метода: метод вычитания фона и метод прогнозирования фона. Реализация этих методов базируется при помощи работы с матрицами. Поставленный эксперимент поможет оценить эффективность алгоритмов, необходимость улучшения их. Основными недостатками метода вычитания фона является нестабильность его работы при изменении освещения или нестабильном фоне. Метод прогнозирования фона справлялся с этими недостатками значительно лучше. В Табл.1 приведены данные обозначающие среднее значение распознавания для различных видео.

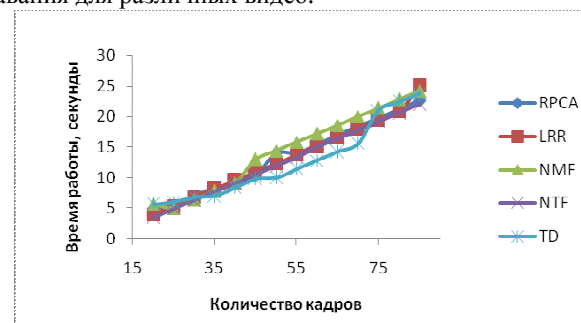


Рис. 1. Зависимость времени работы (в секундах) от количества кадров для быстрых методов

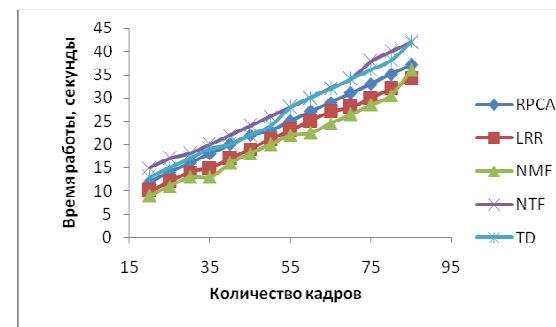


Рис. 2. Зависимость времени работы (в секундах) от количества кадров для медленных методов. Зависимость ошибки распознавания от качества видео



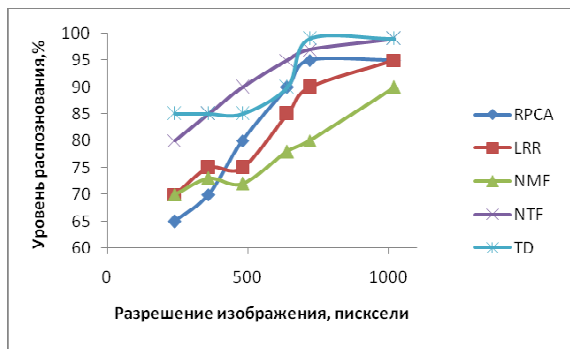


Рис. 3. Зависимость ошибки распознавания от качества видео для быстрых методов

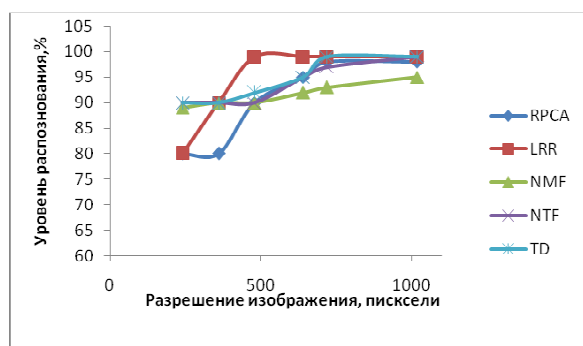


Рис. 4. Зависимость ошибки распознавания от качества видео для медленных методов

Таблица 1 – Результаты работы алгоритмов

| Названия метода            | Статичное видео | Видео с изменением освещения | Видео с изменением фона |
|----------------------------|-----------------|------------------------------|-------------------------|
| Метод вычитания фона       | 90%             | 70%                          | 65%                     |
| Метод прогнозирования фона | 90%             | 85%                          | 80%                     |

После постановки экспериментов, выявив недостатки существующих методов, мы пришли к выводу, что методы, которые работают при помощи матриц, можно модернизировать, применив к ним тензорное исчисление. Данный подход позволит уменьшить ошибку распознавания, улучшить работу алгоритмов. Основываясь на результатах из [4], можно заметить, что алгоритмы, основанные на тензорном исчислении, такие как NTF и TD, показывают наивысшую точность распознавания, поэтому применив тензорное исчисление к изу-



ченному методу вычитания фона и методу прогнозирования фона, что позволит улучшить данные алгоритмы. Применение к ним тензорного исчисления должно уменьшить ошибку распознавания, как для статичных видео, так и для видео с нестабильным фоном.

### Литература

1. Отслеживание объектов в видеопотоке по значимым признакам на основе фильтрации частиц. Мокшин В.В., Кирпичников А.П., Шарнин Л.М. Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 18. С. 297-303.
2. Методы интеллектуальной системы навигации мобильных объектов Мокшин В.В., Урманчеев Р.А. В сборнике: Международная молодежная научная конференция «XXI Туполевские чтения (школа молодых ученых)» Материалы конференции. Казань, 2013. С. 344-346.
3. Применение фильтра частиц к задаче сопровождения транспортных средств в видеопоследовательности кадров. Сайфудинов И.Р., Мокшин В.В. Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. 2014. Т. 2. С. 306-310.
4. <https://github.com/andrewssobral/lrslibrary>
5. A framework for robust subspace learning, De la Torre, F. and Black, M. J., International Journal of Computer Vision. Vol. 54, Issue 1-3, pp. 117-142, Aug.-Oct. 2003.
6. Robust parameterized component analysis: Theory and applications to 2D facial appearance models, De la Torre, F., and Black, M. J., Computer Vision and Image Understanding. Vol. 91, Issues 1-2, pp. 53-71, (July-August) 2003.
7. Robust principal component analysis for computer vision, De la Torre, F. and Black, M. J., Int. Conf. on Computer Vision, ICCV-2001, Vancouver, BC, Vol. I, pp. 362-369.
8. Jolliffe, I.T. (1986). Principal Component Analysis. New York: Springer-Verlag.
9. Turk, M. & Pentland, A. (1991). Eigenfaces for recognition. J. Cogn. Neurosci. 3, 71- 86.
10. Gersho, A. & Gray, R.M. (1992). Vector Quantization and Signal Compression. Kluwer Acad. Press.
11. Catala, M., Han, L., Neumann, M., & Plemmons, R. (2004). On reduced rank for symmetric nonnegative matrices. Linear Algebra and its Applications, 393, 107-126. Chu, M., Diele, F., [10] Plemmons, R., & Ragni, S. (2004). Optimality, computation and interpretation of nonnegative matrix factorizations. SIAM Journal on Matrix Analysis



М.В. Фролова, С.А. Ишкильдина, А.В. Капарова

## УПРАВЛЕНИЕ КРОСС-ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ВНУТРИ ПРОЕКТА

(Тольяттинская академия управления)

В соответствии с глобальным трендом автомобильной промышленности, ориентированным на создание международных стратегических альянсов и автомобильных кластеров, актуальным становится внедрение новых форм управления человеческими ресурсами: разработка модели построения международных команд, выстраивание эффективного кросс-функционального взаимодействия.

С 1998 года в рамках практической подготовки Тольяттинская академия управления занимается разработкой и тестированием методики построения команд. В последние годы, учитывая создание альянса АВТОВАЗ-РЕНО-НИССАН и локализацию большого числа иностранных компаний поставщиков автокомпонентов в регионе, фокус взят на реализацию программы подготовки международных команд, постановку у студентов компетенций, необходимых для эффективного кросс-функционального взаимодействия внутри интернациональной команды.

С 2015 года в Академии реализуется программа «Международная командная стажировка». Цель – обеспечить участников навыками, необходимыми для эффективного функционирования в кросс-функциональных международных командах, научить действовать в соответствии с международными стандартами современных глобальных корпораций. На рисунке 1 представлена схема формирования кросс-функциональных команд внутри программы.

Был выделен ряд личностных качеств и актуальных профессиональных компетенций, на постановку которых ориентирована программа:

- управленческие и лидерские качества;
- навыки управления проектами, планирования, управления качеством;
- умение работать в матричной структуре для успешной реализации рабочих задач;
- способность управления изменениями, сопротивлениями;
- коммуникационные навыки, достаточный уровень владения иностранными языками;
- умение управлять предприятием, используя показатели KPI (для высшего руководства);
- навыки практического применения инструментов управления качеством (для менеджеров и специалистов по качеству);
- умение применять принципы системы Lean production.

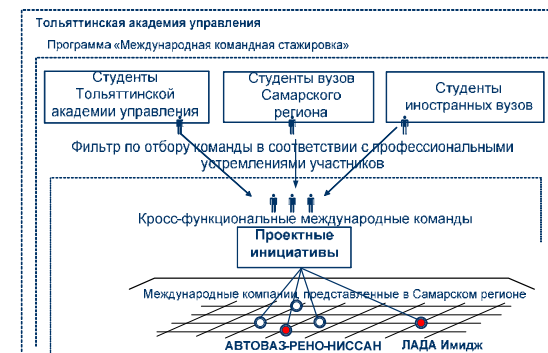


Рис.1. Схема формирования кросс-функциональных команд

Особое внимание уделяется развитию способности работать в команде на достижение общей цели, умению организовать взаимодействие в одном проекте сотрудников с различными функциональными обязанностями, способности устанавливать рабочие связи с коллегами из разных стран (net-working) и соответственно, умению работать в международной среде. На рисунке 2 представлена схема подготовки кросс-функциональных команд.

В соответствии с разработанной технологией программа «Международная командная стажировка» разделена на два этапа. На первом этапе после введения в сферу деятельности происходит деление на команды из трех человек: ментор, ставящий практическую задачу, один российский и один иностранный студент, вместе работающие над решением поставленной задачи. Каждая команда работает по направлению отдела, где проходит стажировка. Продолжительность первого этапа - три недели, по истечении срока результаты представляются руководству, отбираются лучшие проекты, на основе которых ставится практическая задача для дальнейшей работы, одновременно проводится ассесмент индивидуальной и командной работы.

На втором этапе в соответствии с полученными задачами формируются более крупные кросс-функциональные команды, определяются групп-лидеры. На этой стадии менторы перестают функционировать как организаторы процесса, и переходят на роль консультантов. Перед командами ставятся практические задачи в соответствии с реальными нуждами департаментов.

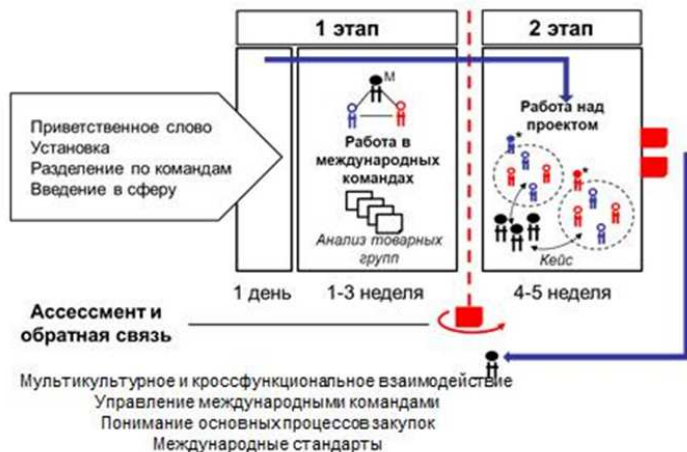


Рис.2. Схема подготовки кросс-функциональных команд на примере стажировки в ООО «АВТОВАЗ-Рено-Ниссан закупочная организация»

По итогам двух этапов стажировки перед участниками команд стоит задача оформить полученный опыт работы, чтобы в дальнейшем иметь возможность перенести его в свою профессиональную деятельность и сформировать понимание того, какие способы и техники работы необходимы для дальнейшего освоения.

Для подготовки материала к защите и оформления полученного опыта были сформулированы критерии оценки результатов работы, в основе которых лежат требования к отчетной документации, заключающиеся в следующем:

1. Описание устройства организации/подразделения, где осуществлялась стажировка. От участника команды требуется схема устройства работ организации/подразделения (основные процессы, места, взаимосвязи) и назначение функционального места участника в кросс-функциональной команде.
2. Описание функционального места в кросс-функциональной команде, где участнику необходимо представить структуру работ на осваиваемом рабочем месте, перечень должностных функций и самое важное – соотношение опробованных работ с целями студентов-участников команды в рамках планируемого профессионального роста.
3. Соответствие подготовки участника команды данному функциональному месту, где необходимо представить ответы на следующие вопросы: какие техники и способности были использованы в работе, каких техник и способностей не хватило для выполнения функциональных обязанностей, план-график работ по дальнейшему освоению недостающих техник.

В процессе подготовки материала к защите результатов стажировки, студенты проходят систему тренировок, в ходе которых формируют:



– умение использовать технику самопрезентации и описания своей деятельности;

– умение выстраивать профессиональную траекторию и обсуждать ее с членами комиссии по защите, куда входят представители высших учебных заведений и компаний, где проходила стажировка кросс-функциональной команды.

Предложенная методика организации командной работы была впервые опробована в июне-июле 2015 года в ООО «АВТОВАЗ-Рено-Ниссан закупочная организация». Студенты двух высших учебных заведений приняли участие в программе: Университет Аллаинс (г. Бангалор, Индия) и Тольяттинская академия управления (г. Тольятти, Россия). В результате программы студентами был разработан проект бизнес-симулятора по следующим темам: логистика, закупки. В январе-феврале 2016 года ко второй программе «Международная командная стажировка» присоединились студенты Самарского государственного экономического университета (г. Самара, Россия) и АО «ЛАДА Имидж». В рамках программы студенты представили концепцию комплексной системы личностного и профессионального развития для управленцев. Общее количество студентов участников реализованных программ «Международная командная стажировка»: 41. Количество решенных практических задач: 19.

Проделанная работа позволила сформировать ряд требований к управлению кросс-функциональными командами, продемонстрировала необходимость организовать управление взаимодействием внутри коллектива, используя современные информационные технологии макетирования и моделирования проектной деятельности.

### Литература

1. Карлос Гон, Филипп Риз. Гражданин мира. - М.: ЗАО "Олимп-Бизнес", 2008.
2. Зинченко А.П. Игровая педагогика (система педагогических работ Школы Г.П. Щедровицкого). – Тольятти., 2000. – 184с.
3. Фролова, М.В. Реализация модели кросс-функционального управления в распределенных трудовых коллективах /М.В. Фролова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 17, N2(5), 2015. - Самара: Самарский научный центр Российской академии наук, 2015. – С. 1166-1169
4. Ишкильдина, С.А. Формирование профессиональных траекторий студентов на основе системы стажировок и практики / С.А. Ишкильдина // Ежемесячный научный журнал «Евразийский Союз Ученых», часть 4, № 7 (16). – Москва: учредитель и издатель Евразийский Союз Ученых, 2015. – с. 51-53.



А.И. Ханькин, С.В. Малахов

## РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДОВ И АЛГОРИТМОВ ПО УЛУЧШЕНИЮ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций  
и информатики)

Методы и алгоритмы улучшения визуального качества изображения, и их реализация в виде программного обеспечения.

Функциональное назначение продукта заключается в улучшении визуального качества изображения. Данное ПО можно использовать во всех сферах, связанных с обработкой изображения.

Научная новизна предлагаемых в проекте решений: Модифицированные методы и подходы к обработке изображений.

Широко распространены различные сервисы для навигации такие, как Google Maps и Яндекс карты. Данные технологии используют спутниковые и панорамные снимки. Ввиду различных обстоятельств, к примеру, плохих погодных условий, могут получаться фотографии неудовлетворительного качества. Программное обеспечение, реализованное на модифицированных методах и алгоритмах, позволит избежать лишних затрат на создание новых изображений, повышая качество уже полученных.

Процесс исследования будет содержать следующие этапы: изучение существующих методов улучшения качества изображения, реализация, сравнительный анализ и оптимизация полученных результатов.

В результате получен программный продукт улучшающий визуальное качество фотографий. Методы и алгоритмы, над которыми будет проходить исследование с дальнейшей реализацией.

Алгоритм разбиения изображения.

1. Создается изображение размерности в 2 раза больше исходного.  
2. Изображение заполняется пикселями исходного изображения с шагом в два пикселя.

3. Пустые пиксели заполняются усредненным цветом с начала по вертикали, а потом по горизонтали.

4. Пустые пиксели на правой и нижней границе заполняются при помощи левой/нижней пары пикселей. За средний цвет считается близлежащий к исходному пикселю.

Медианный фильтр.

Выбор медианы из выборки пикселей по окрестности данного (рис. 1). [1]

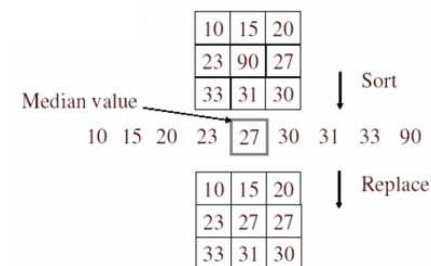


Рисунок 1 – Выборка пикселей

Метод границ Кэнни.

Сглаживание. Размытие изображения для удаления шума. Оператор Кэнни использует фильтр который может быть хорошо приближен к первой производной гауссианы (рис. 2).  $\sigma = 1.4$ :

$$B = \frac{1}{159} \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix} * A.$$

Рисунок 2 – Сглаживание

Поиск градиентов (1). Границы отмечаются там, где градиент изображения приобретает максимальное значение. Они могут иметь различное направление, поэтому алгоритм Кэнни использует четыре фильтра для обнаружения горизонтальных, вертикальных и диагональных ребер в размытом изображении.

$$G = \sqrt{G_x^2 + G_y^2}$$

$$\Theta = \arctg \left( \frac{G_y}{G_x} \right). \quad (1)$$

Угол направления вектора градиента округляется и может принимать такие значения: 0, 45, 90, 135 (рис. 3).

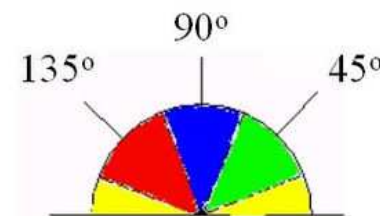


Рисунок 3 – Направление градиента

Подавление не максимумов. Только локальные максимумы отмечаются как границы.



Двойная пороговая фильтрация. Потенциальные границы определяются порогами.

Трассировка области неоднозначности. Итоговые границы определяются путём подавления всех краёв, несвязанных с определенными (сильными) границами.

Перед применением детектора обычно преобразуют изображение в оттенки серого, чтобы уменьшить вычислительные затраты. Этот этап характерен для многих методов обработки изображений. [2]

### Литература

1. Обработка изображений [Электронный ресурс] // Лаборатория компьютерной графики при ВМК МГУ. -2016. –Режим доступа: <http://courses.graphicon.ru/main/vision>. свободный. –Загл. с экрана.

2. Оператор Кэнни [Электронный ресурс] // Википедия Свободная энциклопедия. -2016. –Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Оператор\\_Кэнни](https://ru.wikipedia.org/wiki/Оператор_Кэнни). свободный. –Загл. с экрана.

А.А. Чубова

## РАЗРАБОТКА САЙТА ДЛЯ ПРОЕКТА ГРАФКОНТ

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Последние годы все сильнее развиваются технологии, доступ в сеть Интернет есть практически у каждого человека. Многие фирмы и предприятия заводят свои веб-сайты, где знакомят пользователей с информацией и прочими услугами.

В наше время персональные сайты есть не только у предприятий, но и у медицинских центров, сети магазинов, ресторанов и кафе, ателье, а так же у частных предпринимателей.

Сайт должен быть:

- Удобным в плане навигации;
- Иметь интуитивно-понятный интерфейс;
- С легким, приятным, не перегруженным разными элементами дизайном, с читаемостью текста;
- Тип шрифта может быть разным, главное чтоб буквы легко читались.
- Предоставлять нужную информацию.

Разрабатывается сайт – это сайт о системе ГРАФКОНТ.

ГРАФКОНТ является автоматизацией процессов разработки управляющих алгоритмов реального времени. Решаемые задачи:

- Автоматизация спецификации управляющих алгоритмов реального времени (УА РВ)
- Визуальное конструирование циклограммы УА



- Визуальное конструирование логико-временной схемы алгоритма экспорт в формат .dxf (AutoCAD, Компас, и пр.)
- Автоматическое построение блок-схемы программы экспорт в .dxf
- Автоматическая параметрическая генерация управляющих программ (асемблеры различных БЦВМ, Си, и пр.)

Дизайн будущего сайта должен соответствовать выбранной тематике и иметь:

- Название;
- Логотип.
- Адрес и контактные данные на случай, если пользователь захочет связаться или получить какие-либо сведения;
- Краткое описание тематики сайта;
- Фотографии;
- Карту сайта;

Для пользователей, которые заходят на сайт первый раз, очень важны так же цели первой страницы как: пользователь не должен сразу уйти; вызвать доверие к нашему сайту; показать пользователю, то что он ищет.

Для пользователей, которые заходят на сайт первый раз, необходимо расписать положительные стороны направления «ГРАФКОНТ» и заинтересовать.

Веб-сайт, разрабатываемый в рамках дипломного проекта, должен отвечать таким требованиям:

- 1.Количество гипертекстовых страниц должно быть не менее 8.
- 2.Для оформления сайта необходимо использовать таблицы стилей – язык css.
- 3.Сайт должен иметь титульную страницу с описанием тематики сайта.
- 4.На титульной странице могут быть размещены несколько графических изображений, а так же меню навигации по веб-сайту.
- 5.Каждая страница поддерживает средства перехода на другие страницы.
- 6.Все страницы должны иметь один стиль (дизайн).

Системные требования:

- Windows XP/Vista/7/8;
- Server 2003/Server 2000;
- Наличие PHP не ниже 4 версии;
- MySQL версии 5 и выше;

Та-

ким образом, при анализе эргономичности системы определены основные требования и заложены эргономическая организация рабочего места и интерфейса системы.

### Литература

1. Рогачева, Г.И. Современные информационные образовательные ресурсы [Текст] / Г.И. Рогачева // Информатизация школьного образования: Материалы междунар. науч.-практ. конф. 17-18 сентября 2002 г. – Барнаул, 2003. – С. 34-36



2. Технологии автоматизированной разработки и верификации программ в космической отрасли, А.А.Тюгашев.

3. <http://www.grafkont.ru/>

4. Нильсен Я. Web-дизайн.- СПб.: Символ-Плюс, – 2000. – 512с.

5. Леонтьев Б.К. Web-дизайн: тонкости, хитрости, секреты. – М.: Майор, 2001. – 176с.

Р.А. Шаталин, В.Р. Фидельман, П.Е. Овчинников

# АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ АНОМАЛЬНОСТИ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ В ЗАДАЧАХ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

(Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского)

Видеонаблюдение приобретает все большее значение, предоставляя важную информацию для охраны правопорядка как в общественных местах, так и на частных территориях. Успехи в области распознавания событий на видеоизображениях показали эффективность использования траекторий движения в качестве признаков для классификации поведения [1]. Тем не менее, для успешной классификации необходимы примеры всех интересующих типов поведения, что затрудняет применение предложенных методов к задаче видеонаблюдения, где потенциально опасные ситуации возникают достаточно редко. В связи с этим, интерес представляет использование методов обнаружения отклонений от некой модели нормального поведения.

В данной работе предложен алгоритм оценки аномальности траекторий движения на основе метода главных компонент [2]. Для каждого кадра видеопоследовательности объекты отделяются от фона сцены с помощью самоорганизующейся искусственной нейронной сети, предложенной в работе [3]. Параметры сети были выбраны с помощью критерия качества выделения фона на основе морфологических операторов [4]. Обнаружение и отслеживание движения особых точек на выделенных объектах производится на основе алгоритма SIFT [5]. Каждая траектория движения точек на текущем кадре описывается вектором характеристик, который представляет собой последовательность векторов смещения между положениями точки на соседних кадрах:

$$\vec{F} = \{x_1 - x_0, y_1 - y_0, x_2 - x_1, y_2 - y_1, \dots, x_n - x_{n-1}, y_n - y_{n-1}\}$$

где  $\vec{F}$  - вектор характеристик траектории,  $n$  - количество точек в траектории.

Для приведения векторов характеристик к единой размерности перед вычислением векторов смещения производится линейная интерполяция точек траектории до некоего заданного размера [6].

Дальнейшую работу системы можно разбить на два этапа. Сначала производится обучение, под которым понимается вычисление главных компонент набора векторов характеристик траекторий для образцов нормального поведе-



ния. Затем производится анализ текущего поведения в сцене. Для этого вектора характеристик текущих траекторий проецируются на ортонормированный набор векторов главных компонент и проецируются обратно. Поскольку в общем случае такой набор векторов является неполным и не представляет собой базиса, то при таком преобразовании может быть потеряна некоторая составляющая вектора [7]. Далее эта составляющая называется вектором невязки и её можно вычислить из следующего выражения:

$$\vec{R} = \vec{F} - \vec{P}$$

где  $\vec{R}$  – вектор невязки,  $\vec{F}$  – текущий вектор характеристик,  $\vec{P}$  – вектор характеристик, полученный после проекции  $\vec{F}$  на набор векторов главных компонент и проецирования обратно.

Для оценки аномальности траектории использовалась относительная невязка, которая вычисляется следующим образом:

$$r = |\vec{R}| / |\vec{F}|$$

где  $r$  – относительная невязка,  $|\vec{R}|$  – норма вектора невязки,  $|\vec{F}|$  – норма вектора характеристик.

Из формулы следует, что относительная невязка является безразмерной величиной, принимающей значения в пределах от нуля до единицы, и может быть интерпретирована как степень отсутствия корреляции между текущим вектором характеристик и векторами характеристик нормального поведения.

Работа алгоритма была проверена, как на видеозаписях лаборатории университета Калифорнии в Сан Диего (УКСД) [8], так и на экспериментально полученных видео. Видеозаписи «Работа и ремонт» и «Оставленная вещь» были сделаны в компьютерном классе ННГУ. На видеопоследовательности «Работа и ремонт» в качестве нормального поведения была взята работа за компьютером, а в качестве нештатного – манипуляции с задней панелью системного блока. На видеозаписи «Оставленная вещь» за нормальное поведение было взята ходьба, а за нештатное – оставление вещей без присмотра. Видеозапись лаборатории УКСД содержит пешеходную улицу, обычная ходьба по которой была взята за нормальное поведение, а проезд транспортных средств – за нештатное. Из каждого видео бралось ограниченное число примеров нормального поведения, на которых обучался алгоритм. Затем вычислялись значения относительной невязки для всех траекторий движения из выбранного видео. Для каждого кадра с нормальным и нештатным поведением выбирались максимальные значения относительной невязки, на основе которых рассчитывались равные уровни ошибок. Размерность векторов характеристик была подобрана таким образом, чтобы минимизировать вероятность ошибок первого и второго рода. При этом для уменьшения влияния шума и вычислительных погрешностей отбрасывались главные компоненты, которые описывали менее 0,1 % вариации характеристик нормального поведения. Значения минимальных равных уровней ошибок для каждого видео при разном количестве обучающих примеров приведены в таб. 1. Из таб. 1 видно, что с увеличением количества обучающих примеров равный





уровень ошибок уменьшается, что свидетельствует о способности алгоритма к обучению.

Таблица 1. Равный уровень ошибок для максимума относительной невязки для видео «Работа и ремонт», «Оставленная вещь» и видеозаписей лаборатории УКСД при разном количестве обучающих примеров

| Название видео   | Количество обучающих примеров | Равный уровень ошибок |
|------------------|-------------------------------|-----------------------|
| Работа и ремонт  | 3                             | 21 %                  |
| Работа и ремонт  | 7                             | 19 %                  |
| Оставленная вещь | 5                             | 32 %                  |
| Оставленная вещь | 15                            | 31 %                  |
| UCSD             | 5                             | 46 %                  |
| UCSD             | 25                            | 42 %                  |

Результаты экспериментов показывают, что предложенный алгоритм позволяет различить разные типы поведения на основе траекторий движения. Метод, основанный на анализе главных компонент, позволяет обнаружить отклонения от характеристик нормального поведения и принять решение о наличии в сцене нештатной ситуации. С увеличением количества обучающих примеров равный уровень ошибок уменьшается, что свидетельствует о способности алгоритма к обучению. При этом модель «нормального» поведения строится на основе образцов, указанных оператором, что позволяет гибко использовать предложенную систему.

### Литература

1. Wang H., Klaser A., Schmid C., Liu C. Dense trajectories and motion boundary descriptors for action recognition. // International Journal of Computer Vision, Springer Verlag, 2013, V. 103, № 1, P. 60-79.
2. Овчинников П., Шаталин Р. Алгоритм обнаружения нештатных ситуаций в задачах видеонаблюдения на основе метода главных компонент // В докладах Международной научно-технической конференции «Перспективные информационные технологии», Самара, Том 1, 2015, стр. 240-243.
3. Maddalena L., Petrosino A. A Self-Organizing Approach to Background Subtraction for Visual Surveillance Application. // IEEE Transactions on Image Processing, 2008. V. 17, № 7. – P. 1168 – 1177.
4. Овчинников П., Шаталин Р. Критерия качества выделения фона с использованием морфологических операторов для задач обнаружения нештатных ситуаций // Системы управления и информационные технологии, №2.1(56), 2014, стр. 190-194.
5. Lowe D. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints // International Journal of Computer Vision, 2004, V. 60, № 2, P. 91-110
6. Morris B., Trivedi M. A Survey of Vision-Based Trajectory Learning and Analysis for Surveillance // IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2008, V. 18, № 8, P. 1114-1127.



7. Овчинников П., Шаталин Р. Адаптивный метод принятия решений в задачах видеонаблюдения // Системы управления и информационные технологии, №3(61), 2015, стр. 45-48.

8. Mahadevan V., Li W., Bhalodia V., Vasconcelos N. Anomaly Detection in Crowded Scenes // In Proc. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), San Francisco, CA, 2010.

М.П. Шлеймович, С.А. Ляшева

### СОПОСТАВЛЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ- ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

(Казанский национальный исследовательский технический университет  
имени А.Н. Туполева-КАИ)

В настоящее время широко применяются интеллектуальные информационные системы анализа изображений. В таких системах решаются задачи получения, преобразования, выделения признаков и анализа признаков изображений. Методы решения данных задач базируются на моделях, которые должны обеспечить оптимальное представление изображений согласно заданным критериям качества. Определение таких моделей является актуальной и практически значимой задачей.

Классические подходы к анализу изображений основаны на применении моделей, которые используют признаки цвета, текстуры, формы и структуры [1]. Признаки цвета предназначены для представления изображений с точки зрения их цветового содержания. Признаки текстуры определяют пространственное распределение цветов (или яркостей) пикселей изображений. Признаки формы относятся к областям изображений. Признаки структуры позволяют учесть наличие на изображениях определенных объектов и их взаимного расположения. В настоящее время также активно разрабатываются модели, основанные на применении относительно новых подходов.

Ряд перспективных подходов связан с применением вейвлет-преобразований, которые позволяют выполнить многомасштабный анализ сигналов, представленных в виде некоторых функций. Для дискретных сигналов можно применить дискретные вейвлет-преобразования [2]. В их основе лежит представление дискретной функции  $f(x)$  в виде суммы аппроксимирующей  $f_a(x)$  и детализирующей  $f_d(x)$  частей:

$$f(x) = f_a(x) + f_d(x), \quad (1)$$

$$f_a(x) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} a_{j_0,k} \varphi_{j_0,k}(x), \quad (2)$$

$$f_d(x) = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{j=j_0}^{+\infty} \sum_{k=-\infty}^{+\infty} d_{j,k} \psi_{j,k}(x), \quad (3)$$



где  $N$  – число значений дискретной последовательности, представляющей исходную функцию;  $j_0$  – уровень разложения;  $a_{j,k}$  и  $d_{j,k}$  – коэффициенты аппроксимации и детализации соответственно;  $\varphi_{j,k}(x)$  и  $\psi_{j,k}(x)$  – базисные функции.

Одномерное дискретное вейвлет-преобразование можно обобщить на двумерный случай для изображений. Обычно применяют разделимые преобразования, которые последовательно выполняются сначала для строк, а затем – для столбцов либо наоборот. Пусть изображение представляет собой квадратную матрицу скалярных значений  $[f_{k,l}]_{k,l=0}^{N-1}$ , размер которой есть степень 2, а результаты преобразования на  $j$ -м уровне группируются в матрицу аппроксимирующих коэффициентов  $[LL_{j,m,n}]_{m,n=0}^{2^{j-1}}$  и матрицы детализирующих горизонтальных  $[LH_{j,m,n}]_{m,n=0}^{2^{j-1}}$ , вертикальных  $[HL_{j,m,n}]_{m,n=0}^{2^{j-1}}$ , диагональных  $[HH_{j,m,n}]_{m,n=0}^{2^{j-1}}$  коэффициентов. Уровни нумеруются следующим образом:  $j_0 \geq 0$ ,  $j_0 + 1, \dots, J = \log_2 N$ .

Устойчивое к шуму представление изображений можно получить на основе энергетических признаков. Для одномерного дискретного вейвлет-преобразования с ортонормированными базисными функциями и дискретного сигнала  $\{f_0, f_1, \dots, f_{N-1}\}$  справедливо равенство:

$$\sum_{k=0}^{N-1} f_k^2 = \sum_{l=0}^{2^{j_0}-1} a_{j_0,l}^2 + \sum_{j=j_0+1}^{J-1} \sum_{l=0}^{2^j-1} d_{j,l}^2, \quad (4)$$

представляющее собой аналог известного равенства Парсеваля. В случае изображений равенство (4) принимает следующий вид:

$$\sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{N-1} f_{k,l}^2 = \sum_{m=0}^{2^{j_0}-1} \sum_{n=0}^{2^{j_0}-1} LL_{j_0,m,n}^2 + \sum_{j=j_0+1}^{J-1} \sum_{m=0}^{2^j-1} \sum_{n=0}^{2^j-1} LH_{j,m,n}^2 + \sum_{j=j_0+1}^{J-1} \sum_{m=0}^{2^j-1} \sum_{n=0}^{2^j-1} HL_{j,m,n}^2 + \sum_{j=j_0+1}^{J-1} \sum_{m=0}^{2^j-1} \sum_{n=0}^{2^j-1} HH_{j,m,n}^2. \quad (5)$$

Наиболее быстрым и простым вейвлет-преобразованием изображений является двумерное преобразование Хаара, которое выполняется по формулам:

$$LL_{j-1,m,n} = \frac{1}{4} [LL_{j,2m,2n} + LL_{j,2m+1,2n} + LL_{j,2m,2n+1} + LL_{j,2m+1,2n+1}], \quad (6)$$

$$LH_{j-1,m,n} = \frac{1}{4} [LL_{j,2m,2n} + LL_{j,2m+1,2n} - LL_{j,2m,2n+1} - LL_{j,2m+1,2n+1}], \quad (7)$$

$$HL_{j-1,m,n} = \frac{1}{4} [LL_{j,2m,2n} - LL_{j,2m+1,2n} + LL_{j,2m,2n+1} - LL_{j,2m+1,2n+1}], \quad (8)$$

$$HH_{j-1,m,n} = \frac{1}{4} [LL_{j,2m,2n} - LL_{j,2m+1,2n} - LL_{j,2m,2n+1} + LL_{j,2m+1,2n+1}], \quad (9)$$

где  $j = J, \dots, j_0 + 1$ ;  $m, n = 0, 1, \dots, 2^{j-1}$ ;  $LL_{j,m,n}$  – пиксели изображения. Однако базисные функции данного преобразования не являются ортонормированными (хотя они и являются ортогональными). Поэтому необходимо включить в равенство (5) нормировочные коэффициенты:



$$\sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{N-1} f_{k,l}^2 = 2^{2(j-j_0)} \sum_{m=0}^{2^{j_0}-1} \sum_{n=0}^{2^{j_0}-1} LL_{j_0,m,n}^2 + \sum_{j=j_0+1}^{J-1} 2^{2(j-j)} \sum_{m=0}^{2^j-1} \sum_{n=0}^{2^j-1} LH_{j,m,n}^2 + \sum_{j=j_0+1}^{J-1} 2^{2(j-j)} \sum_{m=0}^{2^j-1} \sum_{n=0}^{2^j-1} HL_{j,m,n}^2 + \sum_{j=j_0+1}^{J-1} 2^{2(j-j)} \sum_{m=0}^{2^j-1} \sum_{n=0}^{2^j-1} HH_{j,m,n}^2. \quad (10)$$

На основе равенства (10) можно получить оценки энергии для каждой точки изображения посредством выполнения следующего алгоритма [3]:

1. Выполнить вейвлет-преобразование Хаара (6) – (9) до уровня  $j_0$ ;
2. Положить:

$$w_{j_0-1,m,n}^2 = 2^J LL_{j_0,m,n}^2; \quad (11)$$

3. Последовательно для  $j = j_0, \dots, J-1$  вычислить оценки энергии:

$$w_{j,m,n}^2 = \frac{1}{4} w_{j-1,m,n}^2 + 2^{2(j-j)} [LH_{j,m/2,n/2}^2 + HL_{j,m/2,n/2}^2 + HH_{j,m/2,n/2}^2], \quad (12)$$

где  $m, n = 0, 1, \dots, 2^{j-1}$ .

Можно убедиться в том, что полученные значения сохраняют энергетическое равенство (10):

$$\sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{N-1} f_{k,l}^2 = \sum_{k=0}^{N-1} \sum_{l=0}^{N-1} w_{k,l}^2, \quad (13)$$

где

$$w_{k,l}^2 = w_{j-1,k,l}^2. \quad (14)$$

Каждое из множества значений  $\{w_{k,l}^2\}_{k,l=0}^{N-1}$  может служить весом соответствующей точки, характеризующим ее вклад в полную энергию изображения. Также можно использовать в качестве весов значения  $\{w_{k,l}^2\}_{k,l=0}^{N-1}$  либо величины, зависящие от них.

При текстурном и контурном анализе часто необходимо получить распределение интенсивности без учета средней яркости или энергии изображений. В этом случае на первом шаге алгоритма можно положить

$$w_{j_0-1,m,n}^2 = 0. \quad (15)$$

Кроме того, значения нормировочных коэффициентов можно считать настройными параметрами, специфичными для конкретной задачи, решаемой в конкретных условиях.

Отметим, что выше предполагалось, что изображение является одноканальным. В случае многоканальных изображений приведенный алгоритм выполняется независимо для каждого канала, а точки характеризуются вектором весов.

Рассмотрим применение энергетических признаков, полученных на основе приведенного подхода, к сопоставлению изображений в интеллектуальных информационных системах. Для этого воспользуемся следующим алгоритмом:

1. Для изображений вычислить множество весов точек  $\{w_{k,l}\}$ ;
2. Разбить изображения на блоки размерами  $8 \times 8$  элементов;



3. Определить векторы главных компонент случайных процессов, реализациями которых являются блоки изображений;

4. Вычислить евклидовы расстояния между векторами главных компонент изображений;

5. Определить изображения с наименьшими расстояниями.

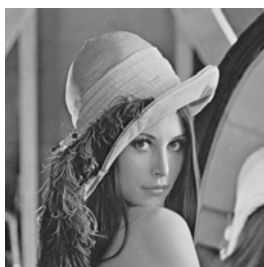
В качестве примера рассмотрим сопоставление стандартных тестовых изображений, показанных на рис. 1, с их зашумленными версиями (шум имеет нормальное распределение с нулевым математическим ожиданием и среднеквадратическим отклонением, равным 10). Расстояния между ними приведены в таблице 1. По таблице видно, что, несмотря на действие шума, алгоритм дает наименьшие расстояния при правильных соответствиях.



а)



б)



в)



г)

Рис. 1



Таблица 1. Расстояния между изображениями

| Зашумленные<br>изображения | Тестовые изображения |         |         |        |
|----------------------------|----------------------|---------|---------|--------|
|                            | Рис. 1а              | Рис. 1б | Рис. 1в | Рис.1г |
| Рис. 1а                    | 215,9                | 5300,3  | 5510,2  | 5026,9 |
| Рис. 1б                    | 5501,1               | 15,3    | 225,1   | 248,3  |
| Рис. 1в                    | 5734,9               | 218,8   | 9,2     | 482,2  |
| Рис. 1г                    | 5317,6               | 198,9   | 408,8   | 64,9   |

### Литература

1. Шапиро, Л. Компьютерное зрение: пер. с англ. / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.
2. Малла, С. Вэйвлеты в обработке сигналов: Пер. с англ. / С. Малла. – М.: Мир, 2005. – 671 с.
3. Шлеймович, М.П. Вычисление признаков изображений на основе вейвлет-преобразования / М.П. Шлеймович, С.А. Ляшева, А.П. Кирпичников // Вестник технологического университета. 2015. Т.18, №18. С.223-228.

А.М. Шуваева, Т.И. Москвичева, А.В. Яковлев

### ХРАНИТЕ ЦИФРОВЫХ КАРТ МЕСТНОСТИ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНОГО МЕТОДА ИХ РАЗМЕЩЕНИЯ В ФИЗИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ ЭВМ

(Тамбовский государственный технический университет)

Современные геоинформационные системы (ГИС) используются в различных областях деятельности человека, имеют различные функциональные возможности и различный охват территорий. При этом каждая геоинформационная система содержит ряд необходимых для работы компонентов. ГИС включает техническое обеспечение, программное обеспечение и пространственные данные [1,2].

ГИС можно использовать для поиска объекта по его характеристикам, поиска справочной информации об объекте, отображения навигационной информации, поиска наилучшего маршрута, а также для отображения цифровой карты местности.

Рассмотрим современные способы представления цифровых карт местности. ЦКМ могут быть маршрутизируемыми и не маршрутизируемыми, могут содержать справочную информацию об объектах на отображаемой местности. Большинство ЦКМ состоят, как правило, из нескольких слоев. Первый – растровый слой, второй – векторный слой, третий – семантические данные.

Перейдем к рассмотрению особенностей хранения цифровых карт местности с высокой степенью детализации. При работе с информационными системами, использующими цифровые карты местности возможны случаи, когда на карте важны некоторые участки местности, а остальная часть карты не представляет особой значимости. При этом для отображения важных участков



карты с высокой степенью детализации приходится хранить и всю карту с максимальной детализацией.

Векторный слой цифровой карты местности очень просто отредактировать, не используя избыточной информации, в отличие от растрового слоя. В соответствии с существующими методами хранения и отображения ЦКМ пиксели на растровой карте должны отображать равные по форме и площади участки местности. В связи с этим от избыточной информации избавиться нельзя. Файл растровой карты представляет собой следующее: в начале файла указано разрешение, затем записан каждый пиксел карты с максимальной детализацией. Для отображения определенной части карты, при обращении к ней, указываются координаты левого верхнего угла, степень детализации и площадь участка. Если отображение требует меньшей степени детализации карты, то применяется агрегативные и дивизимные методы сжатия изображения. Агрегативные методы последовательно объединяют отдельные объекты в группы, а дивизимные методы производят декомпозицию групп на отдельные объекты [3].

Но эти алгоритмы сжатия трудоемки, и их сложно использовать для больших совокупностей. Применение сжатия изображения существенно уменьшает скорость обращения к ЦКМ и такой метод не оправдывает себя, в особенности на участках карты, которые не требуют высокой степени детализации.

Рассмотрим процесс отображения ЦКМ более подробно.

Пользователь делает запрос на отображение цифровой карты местности. Сигнал поступает в подсистему представления цифровых карт местности, которая устанавливает размер отображаемого участка карты, исходя из запроса пользователя и разрешения технического средства вывода, и передает запрос в подсистему хранения ЦКМ. Подсистема хранения ЦКМ на первом шаге отправляет в подсистему представления растровый слой цифровой карты местности. На втором шаге подсистема хранения делает запрос к базе данных на поиск объектов, принадлежащих данному участку карты, после ответа базы данных подсистема хранения отправляет в подсистему представления векторный слой ЦКМ. На третьем шаге подсистема хранения делает запрос к базе данных на поиск информации об объектах и, после ответа базы данных, отправляет в подсистему представления семантический слой ЦКМ.

Наиболее значимую роль в отображении ЦКМ играет подсистема хранения. Способ загрузки растрового слоя ЦКМ зависит от выбранного масштаба карты. Карта может загружаться в максимальном масштабе без каких-либо изменений, а может загружаться в меньшем масштабе, для чего изображение необходимо сжимать.

Рассмотрим адаптивный метод хранения цифровой карты местности. Пусть имеется две карты в формате *jpg* задающие растровую цифровую карту местности в высокой (разрешение  $N \times M$ ) и низкой (разрешение  $n \times m$ ) степенях детализации. Будем рассматривать данные карты как двумерные массивы размера  $N \times M$  и  $n \times m$  соответственно, каждый элемент  $Pix \langle rgb, h \rangle$  которых



соответствует пикселю и задает его цвет *rgb* и высоту над уровнем моря *h*,  $h \in R$ ,  $rgb \in \{(x, y, z) \mid x, y, z \in N, x, y, z < 256\}$ .

Преобразуем две исходные карты в одномерный массив  $MPix$ . Каждый элемент  $Pix \langle rgb, h, d \rangle$  массива  $MPix$  будет соответствовать пикселу ЦКМ и задавать цвет *rgb*, высоту над уровнем *h* моря и степень детализации *d* отображаемого этим пикселем участка местности, где  $d \in \{min, max\}$ ,  $h \in R$ ,  $rgb \in \{(x, y, z) \mid x, y, z \in N, x, y, z < 256\}$ . Запишем каждый пиксел в порядке отображения участков на цифровой карте местности. Для конкретного участка местности первым записываем пиксел из первой карты (с минимальной детализацией). Если данный участок местности необходимо отображать с максимальной степенью детализации, то после первого пиксела записываем еще  $g^2$  пикселей из второй карты (с максимальной степенью детализации), где  $g^2$  – это коэффициент, обозначающий, во сколько раз максимальная детализация укрупняет участок местности на цифровой карте в отличие от минимальной детализации. Таким образом, получаем массив с неравномерным распределением данных.

Для наглядности приводится упрощенная модель растрового слоя цифровой карты местности. Квадрат соответствует одному пикселу карты. На рис. 1 изображена модель ЦКМ с минимальной детализацией, темные участки – это участки местности, которые должны иметь максимальную детализацию при отображении карты (рис.2).

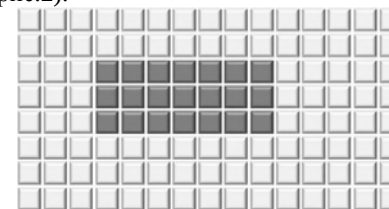


Рис. 1. Упрощенная модель растрового слоя цифровой карты местности (минимальная детализация)

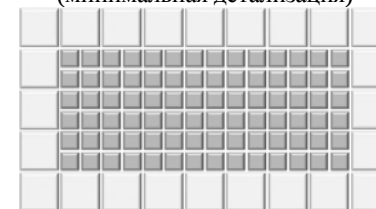


Рис. 2. Упрощенная модель растрового слоя цифровой карты местности (максимальная детализация)

Как уже было сказано, цифровая карта местности представляется в виде информационного массива. Один элемент массива – пиксел карты – содержит в себе информацию о координатах участка местности, высоте над уровнем моря, цвете и степени детализации. Наибольший интерес представляет последний



параметр. Если показать только степень детализации, информационный массив  $MPix$  будет выглядеть, как показано на рис. 3.

|     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |       |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| min | min | min | min | min | min | min | min | min | min | min | min | min | min | min | min   |
| min | min | min | min | min | min | min | min | min | min | min | min | min | min | min | min   |
| min | min | min | min | max | max | max | max | min | max | max | max | max | min | max | max   |
| max | max | min | max | max | max | max | min | max | max | max | max | min | max | max | max   |
| max | min | max | max | max | max | min | max | max | max | max | min | max | max | max | max   |
| min | max | max | max | max | min | max | max | max | max | min | max | max | max | max | ..... |

Рис. 3. Информационный массив  $MPix$ , содержащий растровый слой цифровой карты местности

Очевидно, что отображение цифровой карты местности в таком формате невозможно с помощью существующих алгоритмов. Ни один из алгоритмов доступа к информационным массивам не учитывает неравномерность размещения данных в нем.

Для обращения к данным массива  $MPix$  воспользуемся линейным сплайном.

Сплайн — функция, область определения которой разбита на конечное число отрезков, на каждом из которых сплайн совпадает с некоторым алгебраическим многочленом. Максимальная степень из использованных полиномов называется степенью сплайна. Разность между степенью сплайна и получившейся гладкостью называется дефектом сплайна. Например, непрерывная ломаная есть сплайн степени 1 и дефекта 1. В современном понимании сплайны — это решения многоточечных краевых задач сеточными методами [4].

Линейным сплайном называют сплайн, определенный алгебраическим многочленом первой степени.

Для построения сплайна введем понятие характеристической точки. Характеристической точкой назовём индекс элемента с минимальной степенью детализации массива  $MPix$ , за которым следует элемент с максимальной степенью детализации. Обозначим характеристические точки  $ch_1, ch_2, \dots, ch_k$  (рис. 4).

Введем уравнение сплайна, определяющего отображение ЦКМ:

$$S(z) = a_i z + b_i, \quad (1)$$

где  $z \in [ch_{i-1}, ch_i]$ ,  $i \in [1, k]$ ,  $a_i, b_i$  — коэффициенты, задающие участок линейного сплайна, которому принадлежит элемент информационного массива,  $z$  — индексы информационного массива  $MPix$ .



|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| min | min | min | min | min | min |
| min | min | min | min | max | max |
| max | max | min | max | max | max |
| max | min | max | max | max | max |
| min | max | max | max | max | min |

Рис. 4. Характеристические точки

При отображении цифровой карты местности в подсистему хранения передаются координаты  $x, y$  отображаемого участка для нахождения пиксела, отображающего этот участок. Зададим функцию поиска индекса соответствующего пиксела в информационном массиве  $MPix$ :

$$f(x, y) = \lfloor a_i (x * M + y) + b_i \rfloor, \quad (2)$$

где  $(x * M + y) \in [ch_{i-1}, ch_i]$ .

Выражая через уравнение сплайна, получаем функцию поиска индекса соответствующего пиксела в  $MPix$ :

$$f(x, y) = \lfloor S(x * M + y) \rfloor. \quad (3)$$

Таким образом, при отображении цифровой карты местности будет применяться алгоритм адаптивного доступа к информационному массиву.

Формальное описание адаптивного метода хранения и отображения цифровой карты местности, учитывающего неравномерность распределения данных, позволит обеспечить синтез соответствующих модели и процедуры хранения.

### Литература

1. Браун, Л. А. История географических карт /Л.А. Браун – М.: ЗАО Центрполиграф, 2006 – 479 с.
2. Демерс, Н.М. Географические информационные системы. Основы /Н.М. Демерс – М.: Дата+, 1999 – 491 с.
3. Виер С.Х. Обработка картографических данных/ С.Х. Виер – М.: Картоцентр-Геоиздат, 2000 – 205 с.
4. Алберг, Дж Теория сплайнов и ее приложения / Дж. Алберг, Э. Нильсон, Дж. Уолш – Москва: Книга по требованию, 2012 – 319 с.



## ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

А.С. Аксенов

### МЕХАНИЗМ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДОСТУПА К АККАУНТУ ЦЕЛЕВОГО РЕСУРСА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ ПОЧТЫ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

**Введение.** С каждым днем количество взломанных электронных почтовых ящиков увеличивается. В интернете можно найти огромное количество программ для осуществления взлома. Аккаунт – хранимая в компьютерной системе совокупность данных о пользователе, необходимая для его опознавания (аутентификации) и предоставления доступа к его личным данным и настройкам[1]. Получив доступ к почте, злоумышленник также может получить доступ к различным аккаунтам интернет-ресурсов, которые были ассоциированы с данной электронной почтой. Это все происходит вследствие неудачной реализации системы восстановления пароля: если пароль от аккаунта забыт, его можно без особого труда восстановить путем отправки сообщения с инструкциями к ранее ассоциированной электронной почте. Следуя данной инструкции, злоумышленник также может получить доступ к аккаунту целевого ресурса. Эта схема является большой уязвимостью в информационной безопасности.

Данная работа описывает относительно простую схему восстановления, благодаря которой только лицо, являющееся непосредственным владельцем аккаунта, сможет восстановить доступ к нему. Эта схема заключается в следующем: на предварительном этапе – при регистрации аккаунта на целевом ресурсе – пользователь помимо пароля, вводит некоторый произвольный шаблон, на основе которого будет происходить процесс восстановления аккаунта в случае утраты пароля. Данный шаблон может включать следующие параметры:

- алфавит может включать буквы (А, Б, В, ...), цифры (0,1,2, ...);
- фиксированная длина (от 6 до 15 символов);
- определенный символ на  $k$ -ой позиции в шаблоне;
- знак «?» - отвечающий за пропуск 1 символа;
- знак «\*» - отвечающий за пропуск  $j$  символов ( $j = 0 \dots n$ );

Алгоритм восстановления доступа к аккаунту целевого ресурса следующий:

1. Пользователь посылает запрос на восстановление.



2. Система отправляет на почту пользователя  $n$  различных комбинаций, лишь одна из которых удовлетворяет пользовательскому шаблону.
3. Пользователь ищет среди этих комбинаций ту, которая соответствует шаблону, и вводит ее в соответствующее место на целевом ресурсе.
4. В случае если пользователь неверно ввел комбинацию, он может осуществить повторный запрос. Количество повторов должно быть ограничено настройками механизма восстановления. После неправильного ввода ключа определенного числа раз возможность восстановления аккаунта будет заблокирована на время, определенное настройками механизма восстановления.

Количество всевозможных комбинаций длины  $n$  символов для алфавита  $[A..Я, 0..9]$  составляет  $43^n$ . Согласно принципу Кирхгофа[2], подразумевается, что злоумышленник знает механизм восстановления. Проведя дифференциальный криптоанализ, возможно определить лишь вероятность, с которой выбранное слово может являться ключевым. Для того, чтобы произвести статистическое сглаживание, необходимо обеспечить «достаточно» хороший генератор псевдослучайных чисел[3]. «Достаточность» заключается в том, чтобы статистически выровнять выходные последовательности как по длине, так по расположению в них элементов, исходя из выбранного шаблона, равносильно как и самой последовательности вхождения элементов в слово относительно ключевого[4].

Использование предложенной схемы можно проанализировать на следующем примере.

Пользователь при регистрации аккаунта целевого ресурса создает шаблон произвольного вида – например, «A?2\*», где ? - любой символ, \* - любое количество символов. Общее количество символов передаваемых псевдослучайных комбинации содержится в пределах от 6 до 15.

В дальнейшем, в случае необходимости восстановления пароля система управления ресурсом присылает несколько вариантов комбинаций:

12Ф96А6Й 3Н435РФ83 8Ф789Ь9Я1 93Э64НЙ5ЖФ5 АО26КЗФ  
Ф83К92АЦЫ1 0ГЕ383 8ЕО96Ф6ПЗ1Ш9 Ш04РЪЗДЗ 8ГЮФ536

Пользователь без труда сможет найти комбинацию, соответствующую его шаблону, в то время как злоумышленника данная схема заставит потрудиться.

В первую очередь злоумышленник может проанализировать первичное приближение – случай, когда шаблон может состоять только из двух элементов (0 – любая цифра, 1 – любая буква), получается следующее:





|              |              |
|--------------|--------------|
| 12Ф96А6Й     | 00100101     |
| 3Н435РФ83    | 010001100    |
| 8Ф789Ь9Я1    | 010000010    |
| 93Э64НЙ5ЖФ5  | 00100110110  |
| АО26К3Ф      | 1000111      |
| Ф83К92АЦЫ1   | 1001001110   |
| ОГЕ383       | 011000       |
| 8ЕО96Ф6П31Ш9 | 011001010010 |
| Ш04РЬ3Д3     | 10011010     |
| 8ГЮФ536      | 0111000      |

Для каждой последовательности составляется разность по Хеммингу (табл. 1), на основе которой злоумышленник может выявить наиболее удаленные друг от друга последовательности, возможно претендующие на то, чтобы быть ключом. Цветом в таблице помечены значения, соответствующие максимальной разнице между последовательностями.

Табл. 1. – расстояния по Хеммингу между последовательностями

|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|
| 1 |   | 4 | 3 | 2 | 4 | 5 | 2 | 1 | 7 | 3  |
| 2 |   |   | 3 | 2 | 3 | 6 | 2 | 3 | 5 | 4  |
| 3 |   |   |   | 6 | 5 | 5 | 1 | 2 | 6 | 2  |
| 4 |   |   |   |   | 3 | 6 | 1 | 6 | 5 | 4  |
| 5 |   |   |   |   |   | 3 | 5 | 5 | 2 | 7  |
| 6 |   |   |   |   |   |   | 4 | 7 | 2 | 4  |
| 7 |   |   |   |   |   |   |   | 1 | 5 | 1  |
| 8 |   |   |   |   |   |   |   |   | 8 | 2  |
| 9 |   |   |   |   |   |   |   |   |   | 5  |

В случаях с последовательностями 1 и 9, 5 и 10, 8 и 9 расстояние максимально. Таким образом, получается 5 комбинаций, претендующих на роль потенциального ключа (в том числе комбинация АО26К3Ф, которая соответствует шаблону пользователя). Но это лишь предположение, сделанное на основе первичного приближения. Возможность однозначно указывать конкретные буквы и цифры во много раз затрудняет дальнейший анализ, так как количество комбинаций, претендующих на роль потенциального ключа, приблизится к общему количеству высылаемых комбинаций.

### Заключение

Данная схема позволяет идентифицировать непосредственного владельца аккаунта (естественно, лишь в случае сохранения в тайне выбранного шаблона для восстановления), а также не позволяет злоумышленнику, завладевшему чужой электронной почтой, получить доступ к ассоциированному аккаунту целе-



вого ресурса. В случае полной блокировки злоумышленником электронной почты, возможно применение дополнительных организационных мер для восстановления доступа к ресурсу правомочного пользователя.

### Литература

1. Учётная запись [Электронный ресурс]. – 2015. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Учётная\\_запись](https://ru.wikipedia.org/wiki/Учётная_запись)
2. Принцип Кирхгофа [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: <http://www.finam.ru/dictionary/wordf02470/?n=32>
3. Брюс Шнайер, Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си. [Текст] / М.: Издательство Триумф, 2002. 816 с.
4. Гмурман В.Е., Теория вероятностей и математическая статистика. Учеб. пособие для вузов. Изд.7-е,стер. / М.: Высш. шк.,1999. - 479 с.

Ю.В. Алейнов

### О СПОСОБАХ РАЗМЕЩЕНИЯ ЛОЖНЫХ ЦЕЛЕЙ В СЕТИ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ НАПРАВЛЕННЫХ АТАК

(Самарский государственный технический университет)

В настоящее время можно отметить возрастающую актуальность такого класса угроз, как направленные сетевые атаки (APT) [1]. Направленные атаки характеризуются особым типом поведения нарушителя, который старается как можно более незаметно, используя специально подобранные или самостоятельно разработанные инструменты и применяя их как можно точнее, внедриться в сеть конкретного объекта информатизации [2,3].

По мнению ряда исследователей, перспективным методом обнаружения такого типа атак является метод, основанный на внедрении ложных целей (Honeyrot) в защищаемую сеть [4]. Ложные цели реализуются в виде специальных объектов, не участвующих ни в каких производственных процессах, протекающих в сети и не взаимодействующих в штатном режиме ни с какими другими системами. Среди достоинств данного метода можно отметить:

- возможность обнаружения атак неизвестного типа;
- низкую вероятность ложных срабатываний.

В то же время, использование данного метода осложнено относительно высокой сложностью реализации системы ложных целей (ЛЦ). Особенно следует отметить задачу размещения ловушек в сети. Очевидно, что от того, как размещены ЛЦ, зависит вероятность обнаружения нарушителя.

В рамках исследований на тему создания автоматизированных систем управления ложными целями ряд авторов затрагивал проблему размещения ловушек в сети, в связи с чем, на данный момент имеется несколько подходов к ее решению [4]. Однако анализ работ по этой тематике показывает, что существ-



вующие подходы не рассматривались в контексте использования ЛЦ для обнаружения атак направленного типа [5].

В связи с этим актуальной является задача выработки критериев применимости той или иной методики размещения ЛЦ для обнаружения атак направленного типа и проведения анализа существующих методик по этим критериям для выбора одной из них или обоснования необходимости разработки новой.

Помимо очевидных критериев, таких как простота реализации методики на практике и наличие количественного показателя эффективности размещения ложных целей, важно определить специальные критерии, на основании которых можно судить о применимости методики в условиях направленной атаки. Эти специальные критерии должны основываться на показателях, вытекающих из характерных свойств атак направленного типа. К таким свойствам относят [1,2]:

- наличие четко определенного объекта атаки;
- привлечение в случае необходимости значительных ресурсов для атаки;
- высокая квалификация атакующих и их осведомленность об атакуемом объекте;

Перечисленные особенности определяют многоступенчатость процесса направленной атаки. Нарушитель, осуществляющий направленную атаку, заинтересован в компрометации определенного подмножества узлов в сети. Эти узлы могут быть недоступны потенциальному нарушителю в начале атаки вследствие реализованной в сети политики разграничения доступа. Таким образом, для доступа к интересующим ресурсам злоумышленник может быть вынужден совершить ряд промежуточных атак на другие ресурсы сети, чтобы, используя их ресурсы, совершить атаку на интересующую цель.

Таким образом, методика размещения ложных целей в сети для обнаружения направленных атак должна учитывать тот факт, что в сети может быть реализована политика разграничения доступа. Другими словами, под размещением ложных систем подразумевается прежде всего распределение их по разным зонам межсетевого экрана.

С учетом этого, предлагается использовать следующий набор критериев для анализа применимости методик размещения ложных целей в сети для обнаружения направленных атак:

- простота реализации метода или алгоритма на практике;
- наличие количественного показателя эффективности размещения ложных целей;
- способность методики определять размещение ложных целей относительно границ зон межсетевого экрана с учетом правил разграничения доступа в сети.

### Литература

1. Piggin R. Cyber security trends: What should keep CEOs awake at night // International Journal of Critical Infrastructure Protection. – 2016.



2. Sood, A.K., Enbody, R.J. Targeted Cyberattacks: A Superset of Advanced Persistent Threats // Security & Privacy, IEEE (Volume:11, Issue: 1). IEEE, 2013.
3. Медведовский И., Семьянов П., Леонов Д. Атака на Internet. – Litres, 2013.
4. Bringer M.L., Chelmecki, C.A., Fujinoki H A Survey: Recent Advances and Future Trends in Honeypot Research. // International Journal of Computer Network & Information Security. 2012. №4.
5. Алейнов Ю.В., Бондаренко В.В. Применение динамических систем пассивной регистрации сетевых атак для обеспечения безопасности компьютерных сетей // Сборник “Вычислительная техника и новые информационные технологии”. Уфа: УГАТУ, 2011. с. 126-131.

А.А. Бомм

### РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ БЕЗОПАСНОСТИ В ИГРОВОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЕ «3DUCATION»

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Развитие современных информационных технологий задает тенденцию разработки не только многофункциональных, но и безопасных приложений, которые способны выдержать конкуренцию на рынке информационных систем. Наряду с тривиальными задачами разработки веб-приложений, остро стоят вопросы защиты от несанкционированного доступа и утечек данных. Защита информации (62%) и выполнение условий лицензионного соглашения (51%) являются основными причинами для защиты веб-приложений [1]. Одним из самых распространённых для получения несанкционированного доступа способов является использование уязвимостей систем аутентификации пользователей, в результате которых злоумышленники могут не только получить полный или частичный доступ к данным пользователя, но и вызвать сбой работы как отдельных узлов, так и системы в целом. Для решения задач безопасности необходимо полное понимание слабых мест в системе безопасности. Рассмотрению данных задач и посвящена данная работа.

Игровая обучающая система «3Ducation», разработанная на кафедре программных систем СГАУ, входит с информационное пространство школы информатики СГАУ наряду с сайтом Школы Информатики, сайтом дистанционного обучения и автоматизированной информационной системой (АИС) «Школа информатики СГАУ». Для удобства и комфорта конечного пользователя (доступ к различным системам должен осуществляться только через одну учетную запись) была разработана подсистема удаленной авторизации с использованием технологии единого входа (технология OpenID), которая позволяют клиенту перемещаться между различными разделами портала без повторной аутентификации [2].



Сама процедура аутентификации осуществляется через внутренний инструмент аутентификации, с момента запуска которого прецедентов взлома зафиксировано не было, что говорит о его надежности в контексте обеспечения безопасности. До настоящего времени персональные данные пользователя передавались на сервер в открытом виде, поэтому оставалась вероятность перехвата данных в момент аутентификации, например, если пользователь находился в одной беспроводной сети со злоумышленником.

Для решения задач безопасности системы «3Ducation» было решено использовать протокол шифрования SSL (англ. secure sockets layer), который позволяет шифровать данные на стороне сервера и клиента и в момент передачи обеспечивать их сохранность. Это является наиболее эффективным с точки зрения уровня обеспечения безопасности и затрат: в случае перехвата зашифрованных данных они уже не будут представлять для злоумышленника никакой ценности, так как расшифровка информации займет большое количество времени и средств.

С учетом того, что система «3Ducation» размещена на сервере СГАУ (virtual.itschool.ssau.ru), для ее защиты был использован сертификат класса 3, которым обладает СГАУ как юридическое лицо и который используется на всех поддоменах ssau.ru, это позволило избежать дополнительных издержек при обслуживании (оплата, предоставление необходимых данных и т.д.).

Для создания сертификата безопасности использовался инструмент OpenSSL, позволяющий создавать сертификат в формате \*.pfx – представляющий из себя пару файлов из файла сертификата \*.crt и файла закрытого ключа \*.key. Установка сертификата безопасности производилась на веб-сервере IIS (англ. internet information services), работающем под управлением операционной системы Windows Server R2 2008.

После установки сертификата безопасности была проведена проверка корректности работы сервера: с помощью программы Wireshark был произведен перехват трафика во время аутентификации и работы клиента с игровой обучающей системой «3Ducation». Экспериментально было подтверждено, что информация, которой обменивается клиент и сервер, не представляет никакой ценности: без наличия закрытого ключа сертификата, хранящегося на сервере, расшифровка информации, в которой могут содержаться помимо технической информации: логин, пароль и другие личные данные, невозможна.

Таким образом, была реализована защита персональных данных пользователей системы «3Ducation» во время их передачи. В дальнейшем будут рассмотрены другие виды неявных угроз и целенаправленные виды атак с целью взлома и получения данных на стороне сервера. По результатам комплексного аудита безопасности системы планируется установка необходимых инструментов защиты, а также составление плана автоматического и запланированного аудита безопасности обучающей системы «3Ducation».



## Литература

1. Как обеспечить безопасность веб-приложений? [Электронный ресурс]. – URL: <http://internetno.net/category/obzoryi/mnenie/kak-obespechit-bezopasnost-veb-prilozhenij/> (дата обращения 20.03.2016 г.).
2. Григорьев, А.О. Разработка пользовательского интерфейса виртуальной обучающей системы «3Ducation» [Текст]//Труды Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций». – Самара: изд-во СГАУ, 2014. – С. 145-148.

С.А. Бурлов

## КОДИРОВАНИЕ С ПРОВЕРКОЙ НА ЧЕТНОСТЬ СВЕТОВОГО ПУЧКА ЛАГЕРРА-ГАУССА, НЕСУЩЕГО ОРБИТАЛЬНЫЙ УГЛОВОЙ МОМЕНТ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

**Введение.** С конца XX века активно ведутся разработки квантового канала связи, использующего орбитальный угловой момент пучка фотонов для существенного повышения емкости канала связи. За разработками канала связи активно следуют разработки криптографических протоколов [2], [3]. По большей части они представляют собой модифицированную версию криптографического протокола BB-84 с применением двух различных базисов: орбитально-углового, сформированного на состояниях мод с «чистым» показателем, и углового, описанного как суперпозиция определенного числа базовых состояний.

Работа [4] описывает Венский эксперимент по передаче сквозь сильно турбулентную атмосферу информации посредством суперпозиции световых пучков, противоположных по показателю орбитального углового момента. В эксперименте участвовала нейронная сеть, обеспечивающая детектирование сигнала, принимаемого на специальный экран. В процессе передачи информации неизбежно возникают искажения, которые приводят к ошибкам распознавания переданного значения.

Основной целью данной работы ставится рассмотрение возможности осуществления специального кодирования с проверкой на четность передаваемого сигнала для обеспечения информирования приемника о возможном искажении, полученном в процессе передачи.

Известно [1, 6], что пучки Лагерра-Гаусса можно получить из пучков Эрмита-Гаусса путем применения схемы, отраженной на рисунке 1. Пара цилиндрических линз переводит моду Эрмита-Гаусса с показателями  $(m, p)$  в моду Лагерра-Гаусса с показателями  $(m, p)$ . На рисунке 2 отражены примеры профилей интенсивностей пучков Лагерра-Гаусса [5].

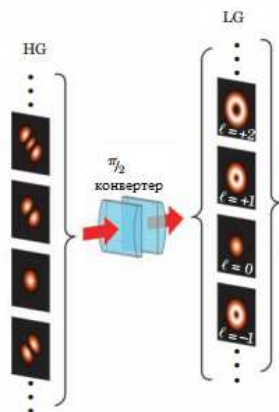


Рис. 1. Схема преобразования пучка Эрмита-Гаусса в пучок Лагерра-Гаусса.

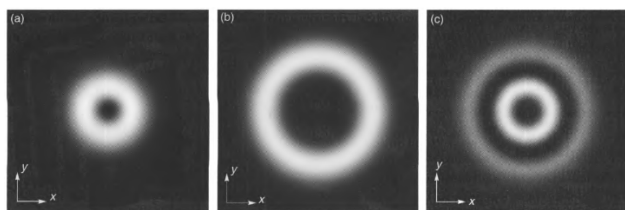


Рис. 2. Профили интенсивности пучков Лагерра-Гаусса. (a)  $m = 1, p = 0$ . (b)  $m = 5, p = 0$ . (c)  $m = 2, p = 1$ .

Первичная идея распознавания ошибок, возникающих в процессе передачи информации по каналу связи, была определена достаточно давно – это алгоритмы проверки на четность, так называемые *контрольные суммы*. В связи с тем, что компьютеры работают с двоичным представлением данных, схема проверки на четность передаваемого пакета, стала самым простым, быстрым и распространенным механизмом обеспечения проверки на возникновение ошибки. В пакет из  $k$  бит встраивается дополнительный бит, который является двоичной суммой всех бит в пакете и весь расширенный пакет передается после кодера получателю. Получатель, принимая пакет, извлекает информационные разряды, проверочный бит и проводит манипуляции по декодированию.

**Результаты.** В данной работе предложены несколько потенциальных схем применения методов контрольных сумм (проверки на четность).

Первая схема кодирования заключается в использовании служебных сигналов с показателем орбитального углового момента 0 или 1 после передачи информационного пакета, содержащего один показатель. Этот способ эффективно реализуем на практике, однако за счет передачи отдельного пакета – мо-



ды, теряется скорость передачи информации и, соответственно, информационная емкость установленного канала связи.

Несколько схем можно объединить в отдельный подтип: они подразумевают в каждый передаваемый пучок встраивать дополнительную информацию. Если вспомнить, что при формировании моды Лагерра-Гаусса из моды Эрмита-Гаусса, применяя пучок с дополнительным показателем  $p = 1$  (рис. 2), новая мода получит дополнительное световое кольцо. При передаче нечетного показателя орбитального углового момента подразумевается использование моды  $HG_m^1$  для генерации носителя, а при передаче четного показателя –  $HG_m^0$ .

Еще один способ встроить служебную информацию можно условившись передавать информацию только в положительных показателях орбитального углового момента. Таким образом, можно использовать для контрольной битовой суммы четного показателя – положительный знак, а для нечетного – отрицательный.

Формирование новой моды происходит с помощью численно рассчитанных голограмм, что в свою очередь позволяет использовать быстрый способ смены значения. Для генерации пучка с отрицательным значением можно воспользоваться призмой Дове.

Нужно отдать должное, что данный способ кодирования имеет свои сложности при детектировании: кроме увеличения времени, есть еще и технические ограничения, накладываемые на распознавание *двухкольцевого* пучка Лагерра-Гаусса.

### Литература

1. Методы анализа и синтеза когерентных световых полей / В. Г. Волостников. – М. : Физматлит, 2014. – 256 с.
2. R. W. Boyd, A. K. Jha, M. Malik, C. O'Sullivan, B. Rodenburg, and D. J. Gauthier, “Quantum key distribution in a high-dimensional state space: exploiting the transverse degree of freedom of the photon,” Proc of SPIE p. 79480L (2011).
3. M. Mirhosseini et al., “High-dimensional quantum cryptography with twisted light,” New J. Phys., vol. 17, no. 3, 2015, Art. ID. 033033.
4. M. Krenn, R. Fickler, M. Fink, J. Handsteiner, M. Malik, T. Scheidl, R. Ursin, A. Zeilinger, “Communication with spatially modulated light through turbulent air across Vienna”, New Journal of Physics, vol. 16, 2014.
5. Götte, J. B. and S. M. Barnett. "Light beams carrying orbital angular momentum", *The Angular Momentum of Light*. Ed. David L. Andrews and Mohamed Babiker. 1<sup>st</sup> ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2012. pp. 1-30.
6. Padgett M., Courtial J., Allen L., Light's Orbital Angular Momentum. – Physics Today Online 57, 5, 35 (2004).



Н.Н. Васин, А.А. Ирбахтин

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И МОНИТОРИНГ ТРАФИКА В ЗАЩИЩЕННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЯХ

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций  
и информатики)

Целью данной работы является разработка программно-аппаратного комплекса для обучения студентов навыкам конфигурирования защищенных соединений, моделирование и мониторинг трафика в защищенных сетях.

В настоящее время вопросы информационной безопасности при постоянно изменяющихся условиях среды эксплуатации сетевых устройств имеют большое значение. Сеть является первым барьером защиты. При построении сетей и их эксплуатации всегда необходим контроль уязвимостей в конфигурации устройств, а также уязвимостей программного обеспечения [1, 2]. Тестирование сети и выявление «брешей» дает возможность дальнейшего усиления защиты. Важным вопросом информационной безопасности является настройка защищенных каналов связи путем шифрования информационных и служебных передаваемых данных, а также проверки целостности принятых данных. Передача трафика в незашифрованном виде, приводит к утечке данных.

В настоящее время широко распространены средства для перехвата трафика, которые активно используются злоумышленниками. Современные средства позволяют не только перехватывать трафик, но даже расшифровывать его. Средства для перехвата берутся на вооружение и самими администраторами сетей, с целью тестирования сети на предмет возможности утечек данных.

Идеальным средством для физического перехвата трафика небольших сетей, а также отдельных участков крупных сетей является многопортовый повторитель или концентратор (hub), поскольку он передает принимаемые пакеты из всех портов. В современных телекоммуникационных сетях наличие концентратора в сети является угрозой безопасности. Используя одну витую пару Ethernet-кабеля только на приеме (для чтения), персональный компьютер (ПК) злоумышленника, проводящего мониторинг в таких сетях, может оказаться незамеченным.

Известное программное средство Wireshark - широко распространенный инструмент для захвата и анализа трафика [3]. Wireshark имеет возможность детального рассмотрения структуры пакета, что делает его мощным средством для перехвата трафика. Может перехватывать информацию из HTTP и FTP запросов, а также из протоколов голосовой связи. Он также широко используется злоумышленниками.

В работе демонстрируется возможность перехвата трафика с использованием концентраторов в отсутствие шифрования и применения Wireshark для перехвата трафика сети. В качестве примера в работе рассматривается сеть пе-



редачи данных по протоколу FTP с шифрованием и без шифрования, на участках с открытым каналом передачи и по каналу с VPN. Для этого построена модель, показанная на рис.1, в среде эмулятора сетей GNS3, используемого в комплексе со средством виртуализации VirtualBox. В качестве маршрутизаторов R1 и R2 используются программные маршрутизаторы с ОС Vyatta 6.6, основанные на ОС Linux. В качестве серверов используется ОС Ubuntu Server 14.04 [4, 5]. Для мониторинга трафика использована ОС Kali Linux со встроенным анализатором трафика Wireshark. Концентраторы берутся из стандартных средств, входящих в программу GNS3. Таким образом, комплекс построен на базе свободно распространяемого ПО.

При настройке сети для маршрутизации использован протокол OSPF, между маршрутизаторами R1 и R2 создан туннель IPsec [6, 7]. На ОС Ubuntu Server установлена и настроена утилита vsFTPD, реализующая FTP сервер. На FTP сервере с шифрованием утилита vsFTPD установлена и настроена в комплексе с криптографическим пакетом для шифрования OpenSSL. Таким образом, сконфигурирован сервер с шифрованием FTP данных по протоколу SSL. Также для шифрования данных может быть использован и протокол TLS.

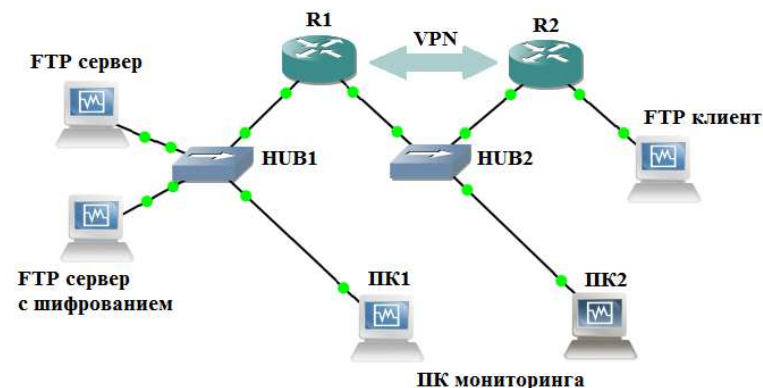


Рис.1. Структурная схема моделируемой сети.

Для анализа передаваемого по сети трафика выполнены следующие действия:

- Запущен Wireshark на ПК мониторинга.
- Сделан FTP запрос получения файла с ПК клиента на FTP сервер. На FTP сервере заранее помещены тестируемые файлы, например изображения.
- Анализ трафика, перехваченного ПК2 между маршрутизаторами R1 и R2, свидетельствует о том, что данные FTP сессии недоступны для извлечения.
- ПК1 перехватывает FTP сессию и данные, передаваемые между клиентом и сервером. С помощью опций Analyze -> Follow TCP Stream Wireshark легко обнаруживает открытую FTP сессию. На рис. 2 изображен пример перехваченной FTP сессии. Перехвачены управляющие команды протокола FTP, имя пользователя (USER alex), пароль пользователя (PASS





1234), передаваемый файл (PETR image\_for\_test.png). Эти данные позволяют рассмотреть процесс инициализации сессии и передачу файла.

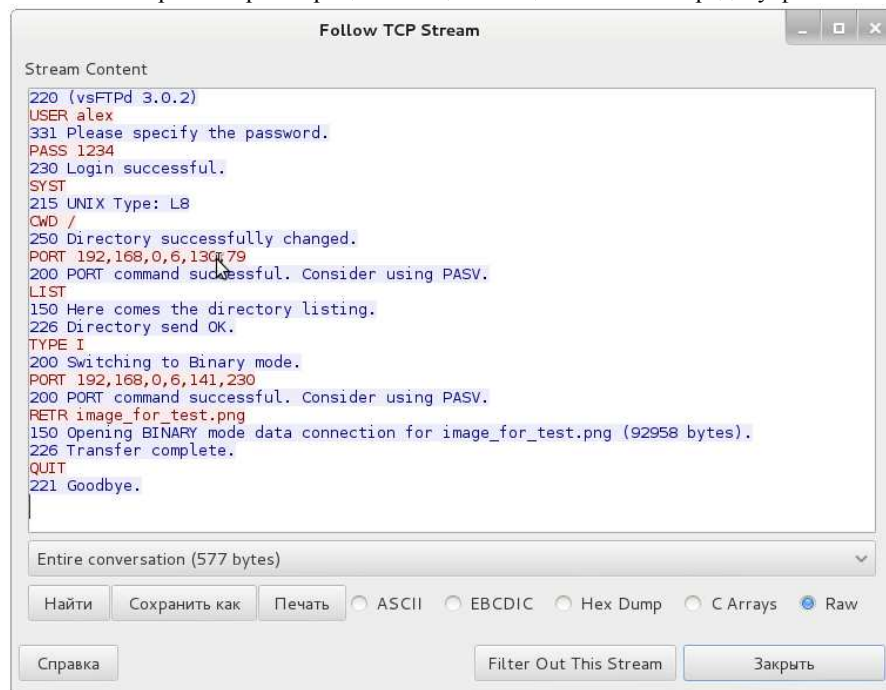


Рис.2. Перехваченная FTP сессия.

- Ниже пакета с запросом на передачу PETR, найден пакет FTP-DATA и с помощью опций Analyze -> Follow TCP Stream -> Save сохранен передаваемый файл (image\_for\_test.png).
- Передаваемый файл полностью соответствует файлу, заранее помещенному на FTP сервер.
- Прделаны аналогичные действия при запросе на FTP сервер с шифрованием.
- Перехваченные данные будут зашифрованы с помощью протокола SSL, что не исключит, но значительно затруднит их извлечение.

#### Выводы:

- Соединение между FTP клиентом и FTP сервером (без шифрования) не защищено полностью от перехвата во внутренних локальных сетях сервера и клиента соответственно;
- Соединение между FTP клиентом и FTP сервером с шифрованием защищено во внутренних локальных сетях с помощью шифрования SSL.



Таким образом, можно считать, что соединение защищено на всем участке передачи информации от сервера до клиента;

- На участке между роутерами R1 и R2 оба соединения надежно защищены с помощью VPN (IPSec). Сети клиента и серверов недоступны с ПК2;
- Таким образом, могут быть сконфигурированы и подвергнуты анализу другие типы защищенных соединений.

Представленная модель сети и методика анализа передаваемого по сети трафика может быть использована для приобретения студентами навыков конфигурирования защищенных соединений, а также для исследования процессов, происходящих в каналах передачи информации, как использующих защиту, так и без неё. Достоинство модели состоит в том, что она построена на базе свободно распространяемого программного обеспечения и может быть построена с использованием одного персонального компьютера. Аналогичным образом может быть смоделирована передача данных и других протоколов, например, путем замены сервера FTP на HTTP-сервер.

#### Литература

1. Васин, Н.Н. Технологии пакетной коммутации. Часть 1. Основы построения сетей пакетной коммутации: учеб. пособие.- Самара: ПГУТИ, 2014. – 239 с.
2. Васин, Н.Н. Технологии пакетной коммутации. Часть 2. Маршрутизация и коммутация в сетях пакетной коммутации: учеб. пособие.- Самара: ПГУТИ, 2015. – 261 с.
3. Laura Chappell, Wireshark Network Analysis. Second Edition. - Protocol Analysis Institute, dba "Chappell University", 2012. – 461 с.
4. Ubuntu 14.04. Руководство по Ubuntu Server. Файл-серверы. FTP-сервер [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://help.ubuntu.com/lts/serverguide/ftp-server.html>. – Загл. с экрана.
5. Ubuntu 14.04. Руководство по Ubuntu Server. Защита. Сертификаты [Электронный ресурс].- Режим доступа: <https://help.ubuntu.com/lts/serverguide/certificates-and-security.html>. – Загл. с экрана.
6. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. СПб: Питер, 2011. – 944 с.
7. Vyatta System. VPN –виртуальная частная сеть. Справочное руководство. [Электронный ресурс].- Режим доступа: [http://www.elco-tech.ru/files/Vyatta/Vyatta\\_VPNRef%20%28rus%29.pdf](http://www.elco-tech.ru/files/Vyatta/Vyatta_VPNRef%20%28rus%29.pdf). – Загл. с экрана.





Р.В. Ермошин, М.В. Кузнецов

## КОМБИНИРОВАННЫЙ МЕТОД АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ КЛАВИАТУРНОГО ПОЧЕРКА

(Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)

В настоящее время большую важность имеет проблема защиты информации и разграничение доступа к ней, а так же доступ к управлению информационных систем и их ресурсам.

Данная задача в наши дни решается несколькими методами аутентификации:

1. Парольный метод – используется уникальное знание (пароль, пин-код);
2. Атрибутный – используется уникальный предмет (ключ, смарт-карта);
3. Биометрические – используется уникальная характеристика пользователя (отпечатки пальцев, сетчатка глаза, голос, почерк).

Парольный и атрибутный методы имеют некоторые недостатки, главным из них является факт того, что имеется возможность обмана/взлома системы, кражи ключа, имитации уникального предмета, поэтому стремительно развиваются новые идеи по управлению доступом.

Методы аутентификации по биометрическим параметрам личности, ввиду неотъемлемости биометрических характеристик конкретного человека, способны обеспечить повышенную точность. К таким характеристикам относятся и клавиатурный почерк.

При работе с клавиатурой потенциально могут быть задействованы сто сорок мышц, исходя из предположения, что наибольшее влияние оказывают около 20% от общего числа мышц, получим число равно 28, то есть примерно 28-мерную задачу управления. Задача большой размерности позволяет сделать предположение об уникальности клавиатурного почерка пользователя.

Клавиатурный почерк – поведенческая биометрическая характеристика, описываемая несколькими параметрами, такими как:

1. Скорость ввода – количество введенных символов, деленное на время печати;
2. Динамика ввода – время между нажатиями клавиш и время их удержания;
3. Частота возникновения ошибок при вводе и их род;
4. Использование функциональных клавиш;
5. Сила нажатия на клавиши.

Идентификация пользователя по клавиатурному почерку может осуществляться как по набору парольной фразы, так и по набору произвольного текста. Оба способа включают в себя 2 этапа – обучение и анализ/идентификация.



На этапе обучения пользователю нужно некоторое число раз ввести предлагаемые ему тестовые фразы, при этом рассчитываются его биометрические характеристики, и создается эталон. На этапе идентификации рассчитанные оценки сравниваются с эталонными, на их основании делается вывод о подлинности пользователя. Предлагаемые тестовые фразы следует выбирать таким образом, чтобы используемые в них символы равномерно располагались на рабочем поле клавиатуры.

Характерной особенностью аутентификации пользователя по клавиатурному почерку при вводе логина или пароля является краткость вводимой фразы, что упрощает работу при анализе вводимых данных, так как не приходится проверять такие данные, как частота возникновения ошибок и использованные клавиши, потому как логин или пароль – это заранее известная фраза. Еще одной не менее важной характеристикой при анализе ввода текста является число перекрытий между клавишами, т.е. нажатие на клавишу в то время, когда нажата другая.

Эталонные характеристики пользователя, полученные на этапе обучения системы, позволяют сделать выводы о степени стабильности клавиатурного почерка пользователя и определить доверительный интервал разброса для последующей идентификации пользователя. Во избежание дискредитации работы системы можно отсеивать пользователей, клавиатурный почерк которых не обладает необходимой стабильностью.

Таблица 1. Характеристики стабильности клавиатурного почерка пользователей

| Ошибки,<br>% | Аритмичность,<br>% | Скорость,<br>зн./мин. | Характеристика перекрытий |                            |
|--------------|--------------------|-----------------------|---------------------------|----------------------------|
|              |                    |                       | Число перекрытий, %       | Используемое число пальцев |
| Менее 2      | Менее 10           | Более 200             | Более 50                  | Все                        |
| Менее 4      | Менее 15           | Более 150             | Более 30                  | Большинство                |
| Менее 8      | Менее 20           | Более 100             | Более 10                  | Несколько                  |
| Более 8      | Более 20           | Менее 100             | Менее 10                  | По одному                  |

Следует так же отметить, что не рекомендуется брать ключевые фразы длиннее 10 слов. Это объясняется тем, что короткие фразы пользователь вводит на подсознательном уровне. Подсознательные движения стабильны до тех пор, пока в них не вмешивается более высокий уровень мышления.

Надо сказать, что после продолжительного времени работы с такой системой система управления доступом должна вносить изменения в эталонные характеристики, поскольку клавиатурный почерк со временем имеет свойство меняться, особенно когда логин или пароль начинают вводиться на подсознательном уровне. Или же можно заставить систему раз от раза работать как в режиме настройки, так и в режиме анализа, т.е. при входе в систему пользователь вводит ключевую фразу, отклоняясь от эталона на допустимое значение,



происходит анализ биометрических характеристик и тут же корректировка эталона.

Недостаток такой системы анализа клавиатурного почерка заключается в том, что если пользователь находится в возбужденном состоянии, под воздействием психотропных препаратов, алкогольного опьянения или просто болен, то стабильность параметров работы нарушается, и процесс сквозной аутентификации может стать серьезной проблемой.

Таким образом, для повышения достоверности аутентификации пользователя не только при входе в систему, а так же в процессе работы, необходимо использовать комбинированный метод, сочетающий в себе стандартные процедуры ввода паролей на начальном этапе и анализа характерного поведения зарегистрированного пользователя на всём протяжении работы в защищённой системе.

И.Н. Ефимов, А.М. Косолапов

## КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ПОДЛИННОСТИ РАСПОЗНАВАЕМОГО ОБЪЕКТА<sup>2</sup>

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Системы автоматического распознавания лиц находят все большее применение в биометрических системах безопасности, контроля и управления доступом пользователей. Однако нельзя доверять системам, не использующим защиту от спуфинг (spoofing) атак. Для биометрических систем спуфинг — это обман путём предоставления биометрическому сенсору копий, муляжей, фотографий, видеозаписи, заранее записанных звуков и т. п. Цель атаки спуфинга при распознавании — представление незарегистрированного пользователя в системе как зарегистрированного. В [9] авторы продемонстрировали, успешный взлом коммерческих систем распознавания лиц, используя фотографию или видеозапись зарегистрированного пользователя с экрана устройства. Защита от спуфинг атак является трудоёмкой задачей, так как злоумышленник имеет непосредственный контакт с видеокамерой, поэтому невозможно использовать различные криптографические методы защиты. Наилучшие результаты, по данным разработчиков, продемонстрировали системы использующие специализированные сканеры или видеокамеры, позволяющие реконструировать 3D объект. Тем не менее, способы подтверждения подлинности объекта, не использующие специализированное оборудование и не требующие дополнительных действий, наиболее перспективны, т.к. удобнее для конечного пользователя и могут быть легко интегрированы в существующие системы распознавания лиц.

<sup>2</sup> Работа поддержана грантом фонда содействия развитию малых форм предприятий («У.М.Н.И.К.» I полугодие, Самара, 2014).



В работе предложена новая классификация известных способов подтверждения подлинности распознаваемого объекта в зависимости от реализации. Существующие классификации не отражают все многообразие известных способов подтверждения подлинности распознаваемого объекта (СППРО) и нуждаются в пересмотре и дополнении. СППРО разделяются в зависимости от вида воздействия на распознаваемый объект: способы с физическим воздействием (СФВ), с командным (СКВ) и без воздействия (СБВ). Оригинальная классификация СППРО представлена на рисунке 1.

Для функционирования способов, основанных на командном воздействии, пользователю необходимо произвести некоторые действия в указанный системой защиты момент: произнести сгенерированный случайный текст, моргнуть или открыть рот, продемонстрировать различные эмоции и т.д. Способы с физическим воздействием можно условно разделить на:

- способы, применяющие ИК излучение (ИКИ), с последующим анализом следующих характеристик: оптических свойств (ОС) человеческой кожи и зрачков, рельефной структуры (РС) объекта и т.д.;
  - способы, применяющие видимый спектр света (ВСС), с последующим анализом следующих характеристик: оптических свойств (ОС) человеческой кожи, реакции зрачков (РЗ), рельефной структуры (РС) объекта и т.д.
- Способы без воздействия на объект разделяют на:

- способы, анализирующие текстурные признаки (АТП): локальные бинарные шаблоны (ЛБШ), гистограммы ориентированных градиентов и т.д.;
- способы, использующие построение 3D модели объекта с помощью: карт глубин, аффинного преобразования, сканера или видеокамер и т.д.;
- способы, использующие обнаруженные биофизические признаки (ОБП): движение глаз, моргание, мимика, движение головы относительно фона, кровеносные сосуды, термограмма и т.д.

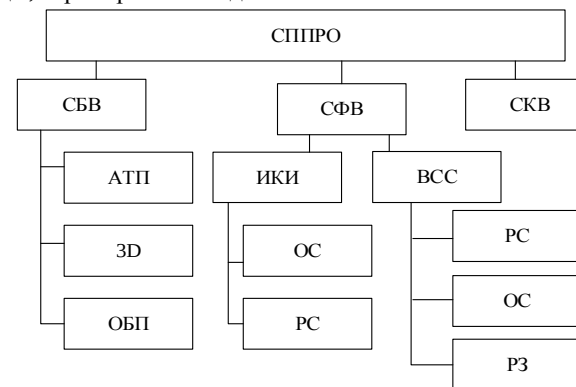


Рисунок 1 – Классификация СППРО

Ниже представлены различные примеры СППРО, не использующие воздействие на распознаваемый объект. Существует целый ряд работ, в которых



для обнаружения подмены используются различные текстурные признаки: ЛБШ и метод опорных векторов (вероятность верного признания объекта не менее 91,2% и вероятность пропуска злоумышленника не более 0,2%) [8], ЛБШ и искусственные нейронные сети (вероятность правильного распознавания составила 97,5% на базе двумерных изображений) [13], вейвлеты Габора [11], гистограммы ориентированных градиентов [15], пространственно-временные дескрипторы [7] и т.д. В работе [8] приведены результаты экспериментальных исследований различных СППРО, которые используют текстурные признаки. Вероятность ошибки в среднем достигла 15%, когда СППРО сталкивались с широким набором типов спуфинг атак в экспериментальной базе данных. Другая категория методов сосредоточилась на обнаружении биофизических признаков распознаваемого объекта. В [6] представлен ряд методов основанных на: скорости моргания, анализе движения глаз, рта или головы относительно фона. Методы используют поле оптического потока для оценки движения. Ошибка распознавания для данных методов составила не более 8,98%. Следующие СППРО основаны на анализе термограммы или рисунка поверхностных кровеносных сосудов распознаваемого объекта [5]. Преимущество применения подобных алгоритмов перед стандартными заключается в их относительной нечувствительности к изменению освещения. Подтверждение подлинности основано на том, что реальные, в отличие от искусственных, объекты излучают различный диапазон инфракрасного излучения или имеют поверхностные кровеносные сосуды. В работе [10] выполняется восстановление 3D-модели лица с помощью аффинного преобразования, без необходимости вмешательства пользователя и дополнительных аппаратных средств.

Для функционирования представленных ниже СППРО требуется физическое воздействие на распознаваемый объект. В работе [1] представлен подход к обнаружению подмены на основе анализа спектральных характеристик отражения кожи лица человека. Представлен алгоритм защиты от спуфинг атак, в ходе которого с помощью сенсора формируют изображения распознаваемого объекта при различных длинах волн и анализируют спектральные характеристики поверхности объекта. Авторы работы говорят о следующих результатах FAR = 0,05, FRR = 0,09 на тестовой выборке, включающей изображения двадцати реальных человек, трёх силиконовых масок и трёх фотографий лица. В работе [2] для подтверждения подлинности распознаваемого объекта используются изображения зрачков пользователя. В данном изобретении защита от спуфинга основана на свойстве человеческого зрачка – сужаться при повышении интенсивности света. Чтобы узнать получено изображение пользователя с глаза живого человека, а не с его муляжа, варьируют интенсивность освещения. Система регистрации изображений отслеживает реакцию зрачка на модуляцию, для чего время регистрации немного увеличивают. В [12] подтверждение подлинности основано на свойстве человеческого зрачка – отражать падающее на него изображение. Представлен алгоритм, в ходе которого, изображения проецируются на экране компьютера. Изображения отразятся от зрачка пользователя и будут захвачены видеокамерой.



Для функционирования представленных ниже СППРО требуется командное воздействие на распознаваемый объект. В работе [14] для подтверждения подлинности распознаваемого объекта используются изображения, полученные в обычном состоянии и в состоянии, когда пользователю требуется выполнить предложенное системой действие. Набор действий не повторяется, действия могут быть следующими: открыть или закрыть глаза, закрыть один глаз, закрыть или открыть рот и т.д. В [4] описан метод и реализация системы распознавания пользователей с использованием лица, голоса и жестов. На первом этапе выполняется анализ изображения лица человека, захваченного видеокамерой. Полученные данные сравниваются с шаблонами из базы данных, и принимается решение о предоставлении доступа. Дальнейшее взаимодействие с системой осуществляется при помощи голоса и жестов. Система производит сравнение каждой подаваемой команды с шаблонами из базы данных и предоставляет доступ к запрашиваемой операции только при положительном результате проведённого сравнения. В работе [3] пользователю необходимо смотреть в чётко указанные на мониторе места, выставленные случайным образом, после чего программа анализирует траекторию движения глаз пользователя. Разработчики метода пишут о 95% вероятности верного распознавания подмены, на БД, содержащей двумерные изображения распознаваемого объекта.

Приведённая классификация позволяет выявить дальнейшие пути развития СППРО и позволяет ориентироваться в многообразии существующих технических решений.

### Литература

1. Костылев Н.М. Модуль обнаружения витальности лица по спектральным характеристикам отражения кожи человека / Н. М. Костылев, А. В. Горевой // Инженерный журнал наука и инновации – 2013. – Т. 9 – 1–13с.
2. Способ И.Л. Способ идентификации личности по радужной оболочке глаза (варианты) : пат. 2407435 С1 Рос. Федерация / И. Л. Способ – 2009.
3. Adamiak K. Liveness detection in remote biometrics based on gaze direction estimation / K. Adamiak, D. Zurek, K. Slot // Proc. Fed. Conf. Comput. Sci. Inf. Syst. – 2015. – Т. 5 – 225–230с.
4. Automatic access to Automatic access to an automobile via biometrics : пат. 6498970 США / access to Automatic – 2002.
5. Bhowmik M.K. Thermal Infrared Face Recognition-A Biometric Identification Technique for Robust Security System / M. K. Bhowmik, A. N. Sarma, A. Saha, D. Bhattacharjee, D. K. Basu, G. Majumder, K. Saha, M. Nasipuri, S. Majumder // Rev. Refinements New Ideas Face Recognit. – 2011. – Т. 6 – 113–139с.
6. Chakraborty S. An overview of face liveness detection / S. Chakraborty, D. Das // Int. J. Inf. Theory – 2014. – Т. 13 – № 2 – 11–25с.
7. Chingovska I. On the Use of Client Identity Information for Face Antispoofing / I. Chingovska, A. dos Anjos // Inf. Forensics Secur. IEEE Trans. – 2015. – Т. 10 – № 4 – 787–796с.
8. Chingovska I. On the Effectiveness of Local Binary Patterns in Face Antispoofing, 2012.



9. Duc N.M. Your face is not your password, 2009. – 16с.
10. Liveness detection method Liveness detection method and apparatus of video image : пат. 8355530 США / detection method Liveness – 2013.
11. Maatta J. Face spoofing detection from single images using micro-texture analysis, 2011.
12. Methods for performing Methods for performing biometric recognition of a human eye and corroboration of same : пат. 8260008 США // – 2012.
13. REKHA P.S. Spoofing Face Recognition Using Neural Network with 3D Mask / P. S. REKHA // Int. J. Emerg. Technol. Comput. Sci. Electron. – 2015. – Т. 14 – № 1 – 123–127с.
14. Secure biometric authentication Secure biometric authentication from an insecure device: заяв. пат. 12/960,511 США / biometric authentication Secure – 2010.
15. Yang J. Face liveness detection with component dependent descriptor, 2013. – 1–6с.

В.А. Заступов, М.В. Кузнецов

## ЦИКЛИЧЕСКАЯ АУТЕНТИФИКАЦИЯ НА ОСНОВЕ ТРАДИЦИОННЫХ ДЕЙСТВИЙ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

(Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)

Мы живем в информационном веке. Ежедневно взаимодействуем с электронными устройствами, храним свои данные на информационных носителях и в памяти компьютера, используем интернет ресурсы для работы и проведения досуга. В наше время, вопрос о защите информации является одним из основных практически в любой сфере деятельности.

На данный момент существует множество методов защиты системы от несанкционированного доступа. Из них можно выделить стандартные (ввод логина/пароля, ответ на секретный вопрос, ввод пин-кода) и более сложные системы защиты, построенные на использовании уникального предмета (электронный ключ, магнитная карта и т.д.).

Данные методы имеют недостатки, главным из которых является то, что в случае, когда злоумышленнику удастся заполучить необходимую информацию для проникновения в систему (будь то пароль или материальный атрибут) происходит имитация санкционированного доступа и все ресурсы автоматически становятся доступны для использования. Именно решение этой проблемы и стоит в основе данной работы.

Все мы слышали фразу о том, что каждый человек уникален. На этом факте были созданы биометрические системы защиты такие как: сканирование сетчатки глаза, отпечатков пальцев, формы лица и т.д. Все эти системы представляют собой дорогостоящие устройства и в большинстве своем имеют од-



ношаговый этап аутентификации. Циклическая аутентификация на основе традиционных действий пользователя – это метод, не прекращающий действие на протяжении всего взаимодействия пользователя с персональным компьютером, прост и дешев в реализации, имеет возможность работать в скрытном режиме (незаметно для пользователя). Также важной особенностью является то, что данная идея позволяет аутентифицировать пользователя при работе с интернет ресурсами.

Принцип работы циклической аутентификации состоит из трёх этапов:

1) Этап обучения. При работе с персональным компьютером мы часто сталкиваемся с действиями, которые можно выполнить различными способами (переключение языка, работа с буфером обмена, сохранение документа и т.д.). Каждый пользователь выполняет все эти действия, исходя из своих привычек, выработанных за время работы с ПК. Задачей этапа обучения является фиксация таких действий и способов их выполнения. Данный этап выполняется при помощи программного обеспечения «Кейлоггер», позволяющее осуществлять контроль над деятельностью пользователя персонального компьютера, фиксировать действия мышью, набор горячих клавиш. По истечению времени обучения, формируется лог-файл.

2) Этап формирования портрета пользователя. Имеющийся лог-файл зашифровывается и отправляется на удаленный сервер безопасности. По прибытии файл расшифровывается, производится анализ данных, нахождение закономерностей, выявление особенностей и, в итоге, формирование индивидуального портрета пользователя - эталон. Необходимо отметить, что после продолжительного времени работы с такой системой необходимо вносить изменения в эталонные характеристики, поскольку «привычки» со временем имеют свойство меняться.

3) Этап аутентификации. На данном этапе происходит непосредственно сравнение действий пользователя с эталоном в реальном времени при работе за ПК. В случае, когда процент несоответствий превышает заданный порог доверия, система автоматически отключается и на сервер безопасности отправляется сигнал о несанкционированном доступе.

Для доказательства эффективности данного метода было произведено анкетирование среди постоянных пользователей ПК. Опрашиваемому предлагался список действий и методы его выполнения, из которых он должен был выбрать тот, каким наиболее часто пользуется.

Всего было предоставлено 44 действия и на каждое действие минимум 4 варианта ответа. Также был отдельно произведен опрос касательно сочетания правого и левого Shift-ов с той или иной клавишей на клавиатуре. Участие приняло свыше 80-ти человек.

Проанализировав полученные результаты, было установлено, что самое ближайшее совпадение между традиционными действиями двух пользователей составило 80%, среднее число совпадений составило 46%, минимальное совпадение между двумя пользователями составило 16%. С учетом максимального совпадения в 80% мы имеем 20-ти процентное несоответствие индивидуальных



портретов пользователей, что вполне достаточно для предотвращения замены пользователя злоумышленником. Это доказывает эффективность данной идеи.

Используя примененную в данной работе модель системы динамической аутентификации пользователя, можно создать гибридную модель, которая будет сочетать в себе статические и циклические методы аутентификации. Таким образом, усовершенствованная система управления доступом будет обеспечивать усиленную, по сравнению с классическими способами, процедуру защиты от несанкционированного доступа.

Э.И. Зигаев

### ПРОБЛЕМЫ МАРШРУТИЗАЦИИ В КВАНТОВЫХ СЕТЯХ КАК ТЕХНОЛОГИИ БЕЗОПАСНОГО ОБМЕНА ДАННЫМИ

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики)

В настоящее время существующие коммерческие решения в области квантовых коммуникаций обладают рядом значительных недостатков. Основные из них, препятствующие массовому распространению такие как: сложность внедрения, стоимость, относительно небольшой объем проведенных исследований в проблемной области. С технической точки зрения так же существуют некоторые затруднения. Одним из недостатков существующих систем квантовых коммуникаций является не способность переключаться на резервные каналы, при обнаружении не легитимного пользователя или при аварийных ситуациях в линии связи. Предложенные в настоящее время методы управления маршрутами в квантовой сети основаны либо на статическом задании пути, либо на протоколе OSPF [1].

Программно-конфигурируемые сети (ПКС) являются одним из приоритетных направлений развития компьютерных сетей. Основой подхода является логическая централизация управления потоками данных и информации о состоянии сети в сочетании с абстрагированием от сетевой инфраструктуры. Одним из важных элементов ПКС является контроллер, на который ложатся функции поддержания актуального состояния сети, конфигурирования оборудования и реализации политик маршрутизации. Все приложения, использующие сетевые возможности, должны взаимодействовать с контроллером, прямой доступ к сетевому оборудованию исключен. Такая архитектура позволяет избавиться от проблем, связанных с использованием сетевых устройств разных производителей, их неполной совместимостью и долгими циклами обновлений фирменного программного обеспечения. Перенос функций оборудования на программное обеспечение (ПО) должен облегчить процесс создания и развертывания новых сервисов, сделать его оперативным и автоматическим. Очевидно, что для решения стоящих перед ним задач контроллер должен иметь интерфейсы взаимодействия с сетевым оборудованием с одной стороны, и с пользо-



вателями и приложениями - с другой. Основным механизмом взаимодействия контроллера и коммутаторов в ПКС в настоящее время является протокол OpenFlow. Его продвижением и стандартизацией занимается международная организация Open Networking Foundation (ONF). OpenFlow предоставляет унифицированный доступ к оборудованию и обладает функциональностью, достаточной для решения стоящих перед ПКС задач. Фактически, он позволяет манипулировать механизмами продвижения пакетов в коммутаторе. ПКС позволяют осуществлять подобное управление наиболее эффективно и в случае необходимости сопряжения различных сегментов квантовых сетей и маршрутизации соответствующих потоков данных, поскольку перенаправление сетевых потоков может быть организовано прозрачным для пользователя образом без необходимости с его стороны внесения изменений в параметры соединения (IP-адресов, портов соединения, VLAN-тэгов и т.п.).

В последние годы основной тенденцией развития компьютерных сетей стал переход к программно-конфигурируемым решениям (Software-Defined Networks, SDN, Программно-Конфигурируемые Сети, ПКС). Формально развитие ПКС находится под контролем международной организации Open Networking Foundation (ONF) [2], однако фактически в сферу ее влияния входит лишь разработка и сопровождение протокола OpenFlow, который в настоящее время является лишь одним из возможных вариантов построения ПКС. Решить задачу маршрутизации в квантовой сети предлагается решить методами программно-конфигурируемых сетей (SDN, ПКС) [<https://www.opennetworking.org/sdn-resources/sdn-definition>]. Специализированный модуль контроллера после получения сигнала от системы передачи квантовых битовых последовательностей о компрометации соединения или его разрыва будет менять таблицы маршрутизации сетевых пакетов перенаправляя потоки данных через службы кодирования/декодирования использующих другие квантовые крипто-каналы или каналы использующие иные средства шифрования данных (напр. SSL/TLS или SSH). Данное решение сможет использоваться для любых комбинаций аппаратных и программных сетевых коммутаторов поддерживающих спецификацию OpenFlow. Будут использованы спецификации OpenFlow, предоставляющие набор средств для задания механизмов управления потоками данных, способных динамически перестраиваться в зависимости от текущего состояния сетевой инфраструктуры и требований к передаче потоков данных

Причины возникновения подхода ПКС и решаемые им проблемы описывает методический документ ONF [3]. Среди основных задач выделены: обеспечение совместимости, ликвидация зависимости от конкретного производителя сетевого оборудования, повышение масштабируемости существующих архитектур и их адаптация к современным требованиям сетевого взаимодействия, объемам и скоростям передачи данных.

Первая версия протокола OpenFlow появилась в 2008 году. С этого момента до настоящего времени было опубликовано 20 новых версий, вплоть до текущей 1.5.1 [4]. С одной стороны это говорит об интенсивном развитии и ин-



интересе к данному протоколу, но даже с учетом того, что не все отличия носили принципиальный характер, такое частое обновление затрудняло процесс внедрения, особенно на уровне аппаратной поддержки в сетевых коммутаторах. Необходимо отметить, что механизм выбора конкретной версии протокола для взаимодействия контроллера и коммутатора появился лишь в 2012 году в версии 1.3.1, что наряду с внедрением расширяемых структур данных в формате TLV (Type-Length-Value, Тип-Длина-Значение) позволило улучшить ситуацию с совместимостью оборудования.

Регулярное появление новых спецификаций было обусловлено тем, что первые редакции протокола были ориентированы на академические исследования и не отражали требований, предъявляемых к коммутаторам компьютерных сетей, которые должны обеспечить корректную обработку произвольного трафика. Показательным является тот факт, что протокол OpenFlow не предусматривает механизмов конфигурирования сетевого оборудования. Для исправления ситуации ONF пришлось разрабатывать параллельное семейство протоколов OF-CONFIG [5]. Протокол OpenFlow предполагает интенсивный опрос коммутатора со стороны контроллера, механизмы асинхронной нотификации об изменении состояния недостаточны. Очевидно, что в условиях реальной сети, когда один контроллер управляет как минимум десятками коммутаторов, такое решение не может обеспечить достаточной эффективности. Кроме этого, архитектура современных коммутаторов такова, что основные ресурсы сосредоточены в плоскости передачи данных. Коммуникационные интерфейсы не обеспечивают достаточной производительности. Переход к асинхронным нотификациям привел к необходимости разработки дополнительного механизма взаимодействия контроллера и коммутатора [6], внедрение которого только начинается. Расширения существующей спецификации необходимы и для организации эффективного взаимодействия с оптоволоконными сетями, широко использующими коммутацию каналов [7]. Без такого взаимодействия внедрение ПКС будет сильно ограничено. Нельзя не отметить, что аппаратная реализация OpenFlow сложна, и современное поколение коммутаторов не было предназначено для таких протоколов и в данный момент пока находится на стадии лабораторных испытаний. Так же, стоит отметить большие перспективы развития данной технологии.

### Литература

1. Peev M. The SECOQC quantum key distribution network in Vienna [Текст] /M. Peev, C. Pacher, R. All'eaume, C. Barreiro et al // New J. Phys. – 2009. – V.11. – P.075001.
2. Open Networking Foundation [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.opennetworking.org> (дата обращения: 15.12.2015)
3. Open Networking Foundation White Paper Software-Defined Networking: The New Norm for Networks [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/white-papers/wp-sdn-newnorm.pdf> (дата обращения: 22.11.2015))



4. ONF TS-025 OpenFlow Switch Specification Version 1.5.1 / Open Networking Foundation - 2015
5. ONF TS-016 OF-CONFIG 1.2 OpenFlow Management and Configuration Protocol / Open Networking Foundation - 2014
6. ONF TS-014 OpenFlow Notifications Framework OpenFlow Management Version 1.0 / Open Networking Foundation - 2013
7. ONF TS-022 Optical Transport Protocol Extensions Version 1.0 March 15, 2015 / Open Networking Foundation - 2015

А.С. Кирьянцев, И.А. Стефанова

### АЛГОРИТМ ДИНАМИЧЕСКОЙ ГЕНЕРАЦИИ КЛЮЧЕЙ И ПОДПИСЕЙ В ПРИЛОЖЕНИИ CRYPT2CHAT

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций  
и информатики)

Современное общество характеризуется интенсивным обменом, накоплением информации в электронном виде и её обработкой в компьютерных сетях, что требует оперативного решения постоянно возникающих проблем защиты информационного содержания и информационной безопасности.

Данная тема является весьма актуальной и подогрета заявлениями и публикациями технического специалиста, бывшего сотрудника ЦРУ Э. Сноудена, о том, что агентство национальной безопасности (АНБ) США ведёт нечестную игру в направлении прослушивания граждан по всему миру при помощи существующих информационных сетей и сетей связи.

Для обмена сообщений в реальном времени существуют программы – мессенджеры, которые могут применяться для передачи текстовых сообщений, звуковых сигналов, картинок, видео, игр, а так же для организации телеконференций путем шифрования сообщений пользователей сети. Обычно мессенджеры работают совместно с сервером и являются клиентскими программами со своими правилами работы и особенностями КУ ним можно отнести, например, программы ICQ, Skype. Основной недостаток этих программ заключается в том, что они оставляют метаданные на центральном сервере в незашифрованном виде, что позволяет, при необходимости, узнать информацию о самих абонентах, времени их общения, количестве сообщений в обычной сессии. Для устранения этого недостатка разработана программная реализация шифрования данных, на клиентской стороне с помощью приложения Crypt2Chat.

В интернет мессенджерах отсутствуют такие функции как:

- проверка наличия MITM (Men in the middle) – атаки,
- наличие «чистого» (без данных) сервера,
- самоуничтожение сообщения после закрытия сессии.

MITM-атака является самым распространенным способом атаки для кражи данных пользователя, когда атакующий способен читать и видоизменять по





своей воле сообщения, которыми обмениваются отправитель и получатель, причем ни один из них не может догадаться о присутствии атакующего в канале. И для него не важно – используете ли вы криптографический протокол SSL или нет. Атакующий подключается к каналу между абонентами и осуществляет активное вмешательство в протокол передачи. При этом он может удалять, искажать информацию или навязывая ложную.

Под «чистым» сервером подразумевается тот факт, что общение двух абонентов не оставляет информации на сервере. В данном случае сервер работает как «репитер» и просто транслирует зашифрованное сообщение между клиентами. После окончания сессии доступ к переписке теряется безвозвратно.

Все эти проблемы решены в новом приложении – Cryp2Chat [1].

Приложение Cryp2Chat является авторским сервисом для обмена быстрыми сообщениями с поддержкой End2End шифрования.

Сервер прототипа данного приложения написан на Node.js (продвинутой JavaScript) с использованием библиотеки для веб сокетов – Socket.IO. В свою очередь Node.js – программная платформа, основанная на движке V8 (транслирующая JavaScript в машинный код), превращающая JavaScript из узкоспециализированного языка в язык общего назначения. Клиентская часть реализована на Html и JavaScript.

Для проксификации и увеличения надежности канала передачи предлагается использование сети TOR (The Onion Router). На компьютере клиента запускается прокси-сервер, который подключается к сети TOR [2], используя многоуровневое шифрование (рис.1). Прежде чем передать пакет данных серверу, он проходит через три случайных компьютера. Перед отправлением пакет шифруется тремя ключами: для каждого из трех компьютеров соответственно. Кроме того, сеть TOR может обеспечивать анонимность для серверов.

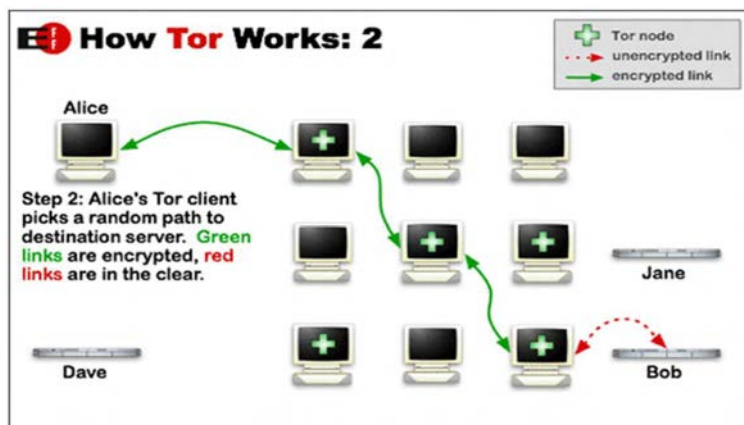


Рис. 1. Схема работы сети TOR



Передача потенциально опасной информации (террористические акты, продажа наркотиков) предотвращена. т.к. контроль обмена данными ведется с помощью электронной подписи. При регистрации пользователь генерирует подпись – это RSA ключ, который передается на сервер, хранится там и никогда не изменяется. При передаче сообщения сервер проверяет подпись, и если данная подпись отсутствует на сервере, то это сообщение не передается.

Таким образом, можно еще и контролировать передачу данных.

В приложении используется алгоритм динамической генерации ключей и подписей для данных с зависимостью от времени.

Принцип работы заключается в следующем: два абонента. генерируют симметричный ключ с помощью алгоритма Диффи-Хелмана. В результате получается «root» (корневой) ключ который в дальнейшем будет использоваться в генерации временного ключа и подписи сообщения. Генерация временного ключа происходит по алгоритму схожим с HMAC (и его стандартом RFC2104), то есть от ключа генерируется хеш, пример: md5( rootKey + Time). При генерации время, а точнее его секундное значение округляется, если значение времени более 30, то в большую, если менее 30, то в меньшую сторону. Именно этим ключом будет шифроваться сообщение, а также с помощью этого алгоритма можно генерировать подпись сообщения, для проверки самого факта изменения сообщения. В результате мы получаем стойкую систему динамических ключей для шифрования сообщения и подпись, при этом для генерации ключа не нужно обмениваться какими-то данными, это снижает риск компрометации сообщения и root-ключа в целом.

Для оценки времени подбора пароля в наихудшем случае воспользуемся формулой [3]:

$$t = (N^0 + N^1 + N^2 + N^L)/V, \quad (1)$$

где  $t$  – время, необходимое для гарантированного нахождения заданного пароля,  $V$  – количество перебираемых комбинаций в секунду,  $N$  – количество символов, из которых может состоять пароль,  $L$  – длина пароля.

Количество символов в случае использования алгоритма md5 составляет 36. В это число входят 26 символов-букв латинского алфавита (a..z) и 10 символов – арабских цифр (0..9). Количество символов в результативном ключе для шифрования или ключе для подписи – 32 символа. Для вычисления скорости мы возьмём процессор intel i7 и видеокарту Radeon HD5850 1024 MB мощность которых будет равна 65 000 паролей в секунду определённая опытным путём.

В результате подстановки значений в (1) получим оценочное время:

$$t = \frac{36^0 + 36^1 + 36^2 + 36^{32}}{6500} = 9.745 \times 10^{44} \text{с.}$$

При переводе полученного количества времени секунд в более крупные величины мы получим результат в  $3.09 \times 10^{27}$  лет.

Вывод: данный алгоритм можно считать защищённым от подбора, так как время подбора ключа перевешивает актуальное время работы с данными.



### Литература

1. А. Кирьянцев, И. Стефанова. Создание приватного сервиса с использованием приложения CRYPTCHAT. Труды Института системного программирования РАН, Том 27. Выпуск 3. 2015 г. Стр. 279-290.
2. Tor: Overview URL: [www.torproject.org/about/overview.html.en](http://www.torproject.org/about/overview.html.en)
3. Как устроен генератор паролей: [www.scribub.com/limba/rusa/194620205.php](http://www.scribub.com/limba/rusa/194620205.php)

А.В. Козачок

## О НЕКОТОРЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЯХ СТОЙКОСТИ НЕРАЗЛИЧИМОЙ ОБФУСКАЦИИ ПРОГРАММНОГО КОДА

(Академия ФСО России)

Обфускацией программы называется всякое ее преобразование, которое сохраняет вычисляемую программой функцию (эквивалентное преобразование), но при этом придает программе такую форму, что извлечение из текста программы (программного кода) ключевой информации об алгоритмах и структурах данных, реализованных в этой программе, становится трудоемкой задачей [1]. Вопрос о существовании обфускаторов, удовлетворяющих различным формальным определениям понятия стойкости, является основным предметом рассмотрения данной статьи.

В 2001 году впервые строгое математическое определение стойкости обфускации программного кода была предложено Бараком [2]: обфускация считается стойкой, если всякий противник может извлечь из текста обфусцированной программы за разумное (полиномиальное относительно размера входных данных) время не больше информации, чем можно было бы получить, проводя тестовые испытания этой программы как "черного ящика". Рассмотрим основные положения теории Барака.

**Определение 1.** (Обфускация в модели виртуального "черного ящика"). Пусть  $\{C_\ell\}_{\ell \in \mathbb{N}}$  – класс булевых схем, тогда обфускатором в модели виртуального "черного ящика" для класса схем  $\{C_\ell\}_{\ell \in \mathbb{N}}$  называется такая (полиномиальная вероятностная машина Тьюринга) PPT  $O$ , которая удовлетворяет следующим требованиям [1]:

- функциональная эквивалентность. Для любой схемы  $C \in \{C_\ell\}_{\ell \in \mathbb{N}}$  и любого входа  $x$  существует пренебрежимо малая функция  $\mu$ , такая что:  
$$Pr[(O(C))(x) \neq C(x)] \leq \mu(|C|);$$
- полиномиальные издержки. Существуют полином  $poly(\cdot)$  такой, что для любой схемы  $C \in \{C_\ell\}_{\ell \in \mathbb{N}}$ :  
$$|O(C)| \leq poly(|C|);$$



– свойство виртуального "черного ящика": для любой PPT  $A$  (противника) существуют такая PPT  $S$  (симулятор) и пренебрежимо малая функция  $\mu$  такая, что для любой схемы  $C \in \{C_\ell\}_{\ell \in \mathbb{N}}$ :

$$|Pr[A(O(C))=1] - Pr[S^C(1^{|C|})=1]| \leq \mu(|C|).$$

В работе Барака также было доказано утверждение о невозможности построения идеального обфускатора для всех классов булевых функций, но данное утверждение не исключает возможности построения обфускатора, стойкого в модели виртуального "черного ящика". Исследования стойкости обфускации также были проведены в работах [3–5]. В 2013 году была предложена новая конструкция [6], так называемая "обфускация неразличимости" (indistinguishability obfuscation -  $iO$ ).

**Определение 2.** Обфускатором неразличимости  $iO$  называется однородная полиномиальная вероятностная машина Тьюринга для булевых схем класса  $\{C_\lambda\}$ , где  $\lambda$  – параметр безопасности, если обеспечивается выполнение следующих требований [6]:

– функциональная эквивалентность. Существует пренебрежимо малая функция  $\mu(\lambda)$  такая, что для всех  $\lambda \in \mathbb{N}$  и всякой схемы  $C \in C_\lambda$ :

$$\forall x: Pr[iO(C(x))=C(x)] \geq 1 - \mu(\lambda);$$

– свойство виртуального "черного ящика" (стойкость). Для любой PPT  $D$  (распознавателя), существует пренебрежимо малая функция  $\alpha$  такая, что для всех  $\lambda \in \mathbb{N}$  и любой пары эквивалентных схем  $C_1, C_2 \in C_\lambda$ , имеющих одинаковый размер, распределения вероятностей случайных величин  $iO(C_1)$  и  $iO(C_2)$  вычислительно неразличимы, то есть выполняется соотношение:

$$\forall x: |Pr[D(iO(\lambda, C_1(x)))=1] - Pr[D(iO(\lambda, C_2(x)))=1]| \leq \alpha(\lambda).$$

Это означает, что не существует алгоритма распознавания обфускации более эффективного, чем обычное предположение, сделанное на основе анализа входов и выходов обфусцированной программы (функции или обфусцированного набора инструкций).

Неразличимость обфусцированных программ означает, что если две эквивалентные программы (одинакового размера)  $P_1, P_2$  такие, что  $\forall x: P_1(x) = P_2(x)$ , а  $iO$  – это обфускатор неразличимости, который принимает на вход программу  $P(x)$  и на выходе генерирует новую программу  $iO(P(x))$ , то  $iO(P_1(x))$  и  $iO(P_2(x))$  будут вычислительно неразличимы:

$$\exists P_1(x), P_2(x). \forall x: P_1(x) = P_2(x) \rightarrow iO(P_1(x)) \approx iO(P_2(x)).$$

На основе данной конструкции можно построить доказательство о том, что возможно построение неразличимого обфускатора для всех классов булевых функций, стойкого в модели виртуального "черного ящика". Рассмотрим основу построения обфускатора неразличимости [7]. Обфускатор  $iO$  принимает в качестве входных данных программу  $f$ , представленную в виде булевой функции, и на выходе генерирует обфусцированную программу  $iO(f)$ . Фор-



мально, обфускатор неразличимости  $iO$  можно считать компилятором, принимающим на вход булеву функцию  $f(x)$  и генерирующим на выходе обфусцированную программу  $f'(x) = iO(f(x))$ . При этом должно выполняться следующее условие:  $\forall x: f'(x) = f(x)$ . Определение неразличимой обфускации предъявляет следующее требование по стойкости: для любой РРТ  $A$  (противника) существует вычислительно неограниченный симулятор  $S$ , такой, что для каждой схемы  $C$ , за полиномиальное время распознаватель  $D$  не может различить результат, вычисленный противником  $A$  ( $A$  принимает обфусцированную программу  $O(C)$  в качестве входа), от результата, вычисленного симулятором  $S$ , имеющим лишь оракульный доступ к  $C$ , при этом  $S$  может сделать неограниченное количество запросов к  $C$ . Определение стойкости обфускации в модели виртуального "черного ящика" требует, чтобы для любой РРТ  $A$  (противника) существовал полиномиальный симулятор  $S$  такой, что для каждой схемы  $C$ , за полиномиальное время распознаватель  $D$  не может различить результат, вычисленный противником  $A$  ( $A$  принимает обфусцированную программу  $O(C)$  в качестве входа), от результата, вычисленного симулятором  $S$ , имеющим лишь оракульный доступ к  $C$ , при этом  $S$  может сделать полиномиальное количество запросов к  $C$ . В этом смысле определение стойкости неразличимой обфускации является более строгим.

При этом предполагается что, у противника есть доступ к некоторому оракулу  $\mathcal{R}$ , реализующему операции в системе дифференциального кодирования. Одним из возможных вариантов доказательства стойкости криптографических преобразований является применение модели случайного оракула [7], под оракулом понимается вспомогательный алгоритм, который выполняется за один шаг работы основного алгоритма. Другими словами, при оценке трудоемкости атак противника время работы оракула не учитывается, учитывается только число обращений к нему. Входные данные, которые передаются оракулу, называются запросом, выходные – ответом. При каждом новом запросе значение функции на данном аргументе выбирается случайным образом. При этом оракул запоминает пару (аргумент, значение) и при повторном запросе для этого аргумента, независимо от того, кто из участников его выдал, будет возвращено все то же запомненное значение. Противник может задавать оракулам любые запросы, получать и анализировать ответы.

Согласно работам [7,8,9] процедура неразличимой обфускации включает в себя пять основных этапов.

1. Преобразование булевой функций в вид ветвящейся программы.
2. Преобразование ветвящейся программы в вид матричной ветвящейся программы.
3. Рандомизация матричной ветвящейся программы.
4. Кодирование рандомизированной матричной ветвящейся программы с помощью схемы дифференциального кодирования (Graded Encoding Scheme).
5. Вычисление обфусцированной функции.



Предложенная схема базируется на понятии полилинейных отображений. В настоящее время известны два наиболее общих подхода к построению полилинейных отображений, реализующих схему дифференциального кодирования. Первый из них [10] базируется на полилинейных отображениях на основе решеток, а второй [11] на целых числах.

Пусть множество  $U$  – универсум,  $S \subseteq U$  – множество элементов универсума,  $Z_p$  – кольцо вычетов по модулю большого простого числа  $p$ . Для любого элемента  $x \in Z_p$  обозначим  $[x]_S$  – разрешенное кодирование  $x$  по множеству индексов  $S$ . Система дифференциального кодирования, реализующая полилинейное отображение, обеспечивает выполнение следующих основных операций:

– сложение:

$$MM.Add([x]_S, [y]_S) \rightarrow [x + y]_S;$$

– умножение:

$$MM.Mult([x]_{S_1}, [y]_{S_2}) \rightarrow \begin{cases} [xy]_{S_1 \cup S_2}, & \text{если } S_1 \cap S_2 = \emptyset, (S_1 \cup S_2) \subseteq U; \\ \perp & \text{иначе} \end{cases}$$

– проверка кодирования нуля:

$$MM.ZeroTest([x]_S) \rightarrow \begin{cases} 1, & \text{если } S = U, x = 0 \in Z_p; \\ 0 & \text{иначе} \end{cases}$$

С точки зрения стойкости обфускации под противником или распознавателем подразумеваем вероятностный алгоритм  $A$ , имеющий доступ к вышеописанному оракулу  $\mathcal{R}$ . Работа алгоритма заканчивается формированием искомого запроса  $ZeroTest(x)$ , если, в случае обращения к оракулу  $\mathcal{R}$  с этим запросом, будет получен положительный ответ. Пусть  $Adv(A)$  – вероятность того, что будет получен ответ единица. При обосновании стойкости требуется доказать, что для любого противника, имеющего доступ к оракулу в течение полиномиального времени вероятность  $Adv(A)$  пренебрежимо мала. Для этого доказывают, что алгоритм  $A$ , который решает задачу построения разрешенного полинома  $p(\cdot)$ , может быть преобразован в алгоритм, который решает другую задачу  $T$ . В таких случаях говорят, что задача  $A$  сводится к задаче  $T$ . Сводимость означает, что если  $T$  – трудная задача, то задача построения разрешенного полинома  $p(\cdot)$  также трудна.

Существуют различные подходы к доказательству стойкости обфускации, построенные на основе конструкции в работе [7], удовлетворяющие свойству виртуального "черного ящика". В работе [12] была доказана стойкость обфускации, которая заключается в том, что задача деобфускации была сведена к задаче пропозициональной выполнимости булевых формул (SAT – Boolean satisfiability problem). Задача SAT заключается в следующем: как осуществить выбор значений переменных булевой функции таким образом, чтобы значение функции было равно единице. Известно, что задача SAT является NP-полной, а



значит, в общем случае ее решение является вычислительно трудной задачей. Данный подход приемлем в случае корректного доказательства требования неразличимости (свойства виртуального "черного ящика"), а затем сведения задачи построения разрешенного полинома  $p(\cdot)$  к задаче SAT.

Таким образом, в статье представлены различные подходы к определению стойкости обфускации и установлена возможность построения универсального обфускатора, удовлетворяющего требованиям стойкости в модели виртуального "черного ящика".

### Литература

1. Варновский Н.П., Захаров В.А., Кузюрин Н.Н. Математические проблемы обфускации // Математика и безопасность информационных технологий. Материалы конференции в МГУ 28–29 октября 2004 г. Москва: 2005. С. 65–91.
2. Barak B., Goldreich O., Impagliazzo R., Rudich S., Sahai A., Vadhan S., Ke Yang. On the (im)possibility of obfuscating programs // Advances in Cryptology - CRYPTO'01, Lecture Notes in Computer Science, v. 2139, 2001, p. 1-18.
3. Dalla Preda M., Giacobazzi R. Semantic-based code obfuscation by abstract interpretation // International Colloquium on Automata, Language and Programming, Lecture Notes in Computer Science, v. 3580, 2005, p.1325-1336.
4. Козачок, А. В., Аналитическая модель защиты файлов документальных форматов от несанкционированного доступа / А. В. Козачок, М. В. Бочков, Р. Р. Фаткиева, Л. М. Туан. // Труды СПИИРАН (Санкт-Петербург), 2015.– Вып. 43. – С. 228–252.
5. Della Preda M., Giacobazzi G. Semantic-based code obfuscation by abstract interpretation // Journal of Computer Security, 2009, v. 17, N 6, p. 855-908.
6. Garg S., Gentry C., Halevi S., Raykova M., Sahai A., Waters B. Candidate indistinguishability obfuscation and functional encryption for all circuits // In FOCS, 2013. pp. 40–49.
7. Козачок А.В., Туан Л.М. Комплекс алгоритмов контролируемого разграничения доступа к данным, обеспечивающий защиту от несанкционированного доступа // Системы управления и информационные технологии. 2015. № 3(61). С. 58–61.
8. Ananth P., Gupta D., Ishai Y., Sahai A. Optimizing obfuscation: Avoiding barrington's theorem // In Proceeding of the 2014 ACM SIGSAC, 2014. pp. 646-658.
9. Pass R., Seth K., Telang S. Indistinguishability obfuscation from semantically-secure multilinear encodings // In Advances in Cryptology – CRYPTO, 2014. pp. 500–517.
10. Kilian J. Founding cryptography on oblivious transfer // In 20th Annual ACM Symposium on Theory of Computing 1988. pp. 20–31.
11. Garg S., Gentry C., Halevi S. Candidate multilinear maps from ideal lattices // In Advances in Cryptology – EUROCRYPT 2013. pp. 1–17.



12. Козачок А.В., Теоретическое обоснование стойкости неразличимой обфускации / А. В. Козачок, М. В. Бочков, Лай Минь Туан // Вопросы кибербезопасности. – 2016.– Вып. 1 (14).– С. 36–46.

А.Н. Крутов

### ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ЗАЩИЩЕННОЙ СИСТЕМЫ РЕПЛИКАЦИИ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

В работе описывается опыт внедрения модуля «Бастион-2 – Репликация», являющегося частью аппаратно-программного комплекса «Бастион-2». Данный аппаратно-программный комплекс позволяет объединить системы безопасности различных производителей в области видеонаблюдения, контроля доступа и пожарной сигнализации в единую систему, удобным образом настраиваемую и надежно функционирующую. По своей сути аппаратно-программный комплекс «Бастион-2» является качественным развитием АПК «Бастион» с дополнительными возможностями. К ним относятся:

1. Переход от хранения данных в СУБД Firebird к СУБД Oracle. Для работы на относительно небольших объектах достаточно наличия бесплатной версии СУБД Oracle XE 11g и выше.
2. Существенные доработки ядра системы, позволяющие увеличить количество одновременно подключаемых драйверов.
3. Поддержка большого количества устройств, таких как биометрические считыватели, системы охраны периметра, модули аварийного освещения и т.п.

Кроме этого, АПК «Бастион-2» разрабатывался как масштабируемый продукт, способный к стабильной работе на объектах разного масштаба – от небольших офисов до крупных предприятий, с развитой филиальной сетью. Все вышесказанное послужило основанием для создания модуля «Бастион-2 – Репликация», основной функцией которого являлась бы передача электронных пропусков между объектами (филиалами) одного предприятия.

При анализе существующих решений по репликации данных в СУБД Oracle просматривались два решения, а именно технологий Oracle Streams и Golden Gate. Было отмечено, что использование технологии Oracle Streams требует весьма тщательной настройки сервера базы данных, требующей наличие на объекте администратора базы данных весьма высокой квалификации [1]. Сопровождение такой системы репликации неизбежно привело бы к необходимости привлечения существенных дополнительных ресурсов у службы технической поддержки. Кроме этого в работах [2,3] отмечается весьма ограниченные существующие средства по разрешению конфликтов репликации, что тре-



бует написания дополнительных программных модулей. Поэтому использование технологии Oracle Streams было признано нецелесообразным.

Анализ программного продукта Oracle Golden Gate показал [4], что в настоящее время это лучшее решение по репликации данных для Oracle. Однако высокая стоимость продукта не позволяет его использовать в составе АПК «Бастион-2». Учитывая все вышесказанное, было принято решение по написанию самостоятельной системы репликации данных между серверами Oracle. Ниже приводится список первоначальных требований к системе репликации и то, какими способами удалось удовлетворить этим требованиям.

### **1. Возможность работы в бесплатных версиях СУБД Oracle**

Основное ядро в модуле «Бастион-2 – Репликация» реализовано на уровне базы данных. Для того, чтобы организовать связь между различными участниками репликации во всех участниках-филиалах создается database link к серверу-центру, а на сервере-центре создаются соединения со всеми его филиалами. Непосредственные соединения филиалов между собой отсутствуют. Технология создания соединений между базами Oracle доступна даже в бесплатной версии XE.

### **2. Простота установки и первоначальной настройки**

Принципиальная схема разработанной системы репликации описана в работе [5]. Для упрощения установки модуль «Бастион-2 – Репликация» собран в инсталляционный пакет. При первом запуске системы модуль запускается в режиме мастера, с помощью которого осуществляется быстрая настройка модуля без необходимости ввода большого количества технических параметров базы данных.

### **3. Совместимость со всеми разработанными ранее модулями системы**

Совместимость со всеми разработанными ранее модулями системы обеспечивается тем, что очередная версия модуля «Бастион-2 – Репликация» поставляется вместе со всеми другими модулями очередного релиза АПК «Бастион-2». Если по каким-то причинам будут установлены продукты несовместимых версий, то их запуск будет невозможен.

### **4. Обеспечение взаимно-однозначного соответствия данных у различных участников репликации.**

Для организации взаимно-однозначного соответствия данных у различных участников репликации используются статически уникальные 128-битные идентификаторы (GUID). Для этого в каждую реплицируемую таблицу добавляется поле REPL\_GUID, являющееся ключом-кандидатом, а также поле MEMBER\_GUID\_OWNER для указания владельца записи. При настройке репликации в Центре данные поля REPL\_GUID заполняются значениями функции SYS\_GUID, и в качестве владельца всем записям проставляется Центр. При настройке системы репликации в конкретном филиале сопоставляются его дан-



ные с данными, имеющимися в Центре. При обнаружении одинаковых записей значения полей REPL\_GUID заполняются значениями идентификаторов из Центра и он же указывается в качестве владельца записей. После завершения процедуры идентификации все незаполненные значения полей REPL\_GUID заполняются значениями функции SYS\_GUID, и в качестве владельца записей проставляется конкретный филиал. При первичном сопоставлении данных поиск одинаковых значений осуществляется по информационным полям соответствующих таблиц (для справочников – наименование, для карт доступа их полный номер и т.п.)

### **5. Репликация с учетом всех существующих в системе бизнес-правил и ограничений.**

Все существующие в АПК «Бастион-2» бизнес-правила реализованы на уровне сервера СУБД в виде соответствующих триггеров и хранимых процедур. При репликации данных из одной СУБД в другую, данные заносятся через те же хранимые процедуры, которые используются всеми другими модулями АПК «Бастион-2» для своей работы, например, «Бастион-2 –АРМ Бюро пропусков». При этом осуществляется доставка полученных данных до контроллеров оборудования имеющимися штатными средствами системы.

### **6. Отслеживание конфликтов репликации.**

Для отслеживания и последующего разрешения конфликтов на компьютере-источнике ведется протокол посылки/применения записи, т.е. используется обратная связь с компьютером-приемником, а на компьютере-приемнике ведется только протокол применения записи. Приведенная схема протоколирования обеспечивает возможность отследить возможные ошибки репликации на любых ее этапах.

### **7. Сокращение вероятности появления логических ошибок.**

Ввиду того, что репликация происходит не в режиме реального времени, при её работе возможно появление логических ошибок, когда с двух различных участников репликации происходит редактирование одного и того же пропуска. После проведения репликации они обмениваются своими изменениями, и значения перестают быть одинаковыми. Такие ошибки являются трудоемкими для обнаружения, т.к. формально процедура репликации завершилась успешно, а по факту – нет. Для того, чтобы максимально сократить вероятность появления таких ошибок используется правило, что данные в Центре имеют более высокий приоритет, чем в филиале. Данное правило также будет работать в случае, если происходит одновременное редактирование данных в двух разных филиалах, т.к. репликация осуществляется транзитом через Центральный офис.



## 8. Возможность работы при нестабильной связи между различными филиалами организации.

Ввиду того, что репликация происходит не в режиме реального времени, при её работе возможно появление логических ошибок, когда с двух различных участников репликации происходит редактирование одного и того же пропуска. После проведения репликации они обмениваются своими изменениями, и значения перестают быть одинаковыми. Такие ошибки являются трудоемкими для обнаружения, т.к. формально процедура репликации завершилась успешно, а по факту – нет. Для того, чтобы максимально сократить вероятность появления таких ошибок используется правило, что данные в Центре имеют более высокий приоритет, чем в филиале. Данное правило также будет работать в случае, если происходит одновременное редактирование данных в двух разных филиалах, т.к. репликация осуществляется транзитом через Центральный офис.

## 9. Обеспечение защищенной передачи данных

Для безопасного соединения удаленных серверов баз данных между собой рекомендуется организации VPN-соединения. Для дополнительной защиты информации данные промежуточных таблиц могут шифроваться любым современным алгоритмом шифрования, как симметричным, так и асимметричным. Проблема передачи ключей для расшифровки информации в данном случае не стоит, так как информация реплицируется внутри одной, пусть и распределенной организации.

Опыт внедрения полученной системы репликации свидетельствует о том, что все заявленные цели, поставленные при ее проектировании, были достигнуты. В настоящее время ведется мониторинг возможных конфликтов репликации с тем, чтобы предложить пользователям автоматические средства по их разрешению.

## Литература

1. Kirtikumar Deshpande. Oracle Streams 11g Data Replication. - McGraw-Hill Osborne Media, 2011. – 546 с.
2. Базилевский Е.В. Альтернативный способ разрешения конфликтов репликации в распределенных базах данных Oracle // Современные проблемы науки и образования. - 2012. №2. - С. 266
3. Гришмановский П.В., Базилевский Е.В. Анализ технологий репликации данных и методы повышения эффективности разрешения конфликтов репликации // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. - 2012. №2[19]. - С. 98-106
4. В. Prusinski, S. Phillips, R. Chung. Expert Oracle GoldenGate. - Apress, 2011. – 352 с.
5. Крутов А.Н. Разработка защищенной системы репликации // Информационное противодействие угрозам терроризма, 2015, №24, С. 81-85



А.Б. Кузьмичев

## АЛГОРИТМ ИДЕНТИФИКАЦИИ СУБЪЕКТА ПО БИОМЕТРИЧЕСКИМ ПРИЗНАКАМ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ СИСТЕМ СО СЛУЧАЙНОЙ СТРУКТУРОЙ

(Тольяттинский государственный университет, г. о. Тольятти)

Идентификация субъекта по биометрическим признакам возможно реализовать при различиях в параметрах, которые можно измерить по характеристикам, присущих человеку. Такими параметрами могут являться такие как лицо, голос, отпечатки пальцев, клавиатурный почерк и т.д. В основе идентификации лежит вычисление выбранных биометрических параметров  $\chi$  на основе измерений по идентифицируемому субъекту, и сравнение их на степень совпадения с априорно известными или измеренными ранее биометрическими параметрами по выбранным субъектам. При малых различиях вычисляемых параметров и наличии ошибок в оценке измерений по идентифицируемому субъектам, увеличивается вероятность принятия ошибочного решения  $P_{ор}$  при простом сравнении полученной оценки параметра с некоторой границей принятия решения. Одним из путей уменьшения  $P_{ор}$  является увеличение количества измерений  $\chi$  и их усреднении с целью уменьшения ошибки в оценке выбранного параметра.

В данной работе предлагается использовать алгоритма идентификатора, построенного с применением теории систем со случайно изменяющейся структурой. Данный алгоритм по известным законам распределения биометрических параметров для субъектов идентификации позволяет оценить вероятность того, что данный субъект является требуемым субъектом идентификации. Рассмотрим в качестве примера алгоритм идентификации субъекта по одному измеряемому биометрическому параметру. Для этого используем математический аппарат, предложенный в [1] и рассмотренный в [2].

Постановка задачи. Имеются априорные данные о распределении биометрического параметра для вероятных субъектов, подлежащих идентификации. В процессе измерений от  $m$  обнаруженных субъектов производятся вычисления биометрических параметров  $\chi_j$  ( $j=1,m$ ) с ошибкой, априорно известной исходя из конкретного типа измерителей характеристик человека и их условий применения.

Принятые допущения:

1. Уравнения объекта имеют вид :

$$\dot{\chi} = 0, \\ \chi(0) = \chi_0, \quad \chi_0 = N_{\text{усеч}} \{m_x(s_k), \sigma_x(s_k)\}, \quad (1)$$





где  $m_x(s_k), \sigma_x(s_k)$  - математическое ожидание и СКО распределения априорных данных в состоянии  $s_k$ .

2. Вероятность перехода в состояние отличное от исходного равна нулю:

$$q(s_{k+1}|s_k) = 0, \text{ для } s_{k+1} \neq s_k, \\ q(s_{k+1}|s_k) = 1, \text{ для } s_{k+1} = s_k, \quad (2)$$

3. Отсутствуют индикаторы смены состояния.

Для синтеза алгоритма идентификации примем состояния, которые может принимать субъекты:

1 – субъект с параметрами класса  $A_1$  ;

2 - субъект с параметрами класса  $A_2$  ;

d - субъект с параметрами класса  $A_d$ .

При принятых допущениях уравнения алгоритма [2] примут следующий вид:

$$p_j(s_{k+1}) = \vartheta_j(s_{k+1}) \left[ \sum_{s_{k+1}} \vartheta_j(s_{k+1}) \right]^{-1}, \\ \vartheta_j(s_{k+1}) = \tilde{p}_j(s_{k+1}) [\Theta_j(s_{k+1})]^{-1/2} \exp(-h_j(s_{k+1})), \\ \Theta_j(s_{k+1}) = \tilde{R}_j(s_{k+1}) + Q(s_{k+1}), \\ h_j(s_{k+1}) = 0.5 [Z_j - \tilde{X}_j(s_{k+1})]^2 [\Theta_j(s_{k+1})]^{-1}, \\ \tilde{p}_j(s_k) = p_j(s_k), s_{k+1} = 1 \dots n, j = 1 \dots m, \quad (3)$$

где  $Q(s_k)$  - дисперсия ошибки измерений параметра  $\chi$ ;

$Z_k$  - измеренное значение  $\chi$  ;

$s_k$  - состояния структуры ;

$p(s_k)$  - вероятность состояния структуры системы;

$\tilde{X}(s_k), \tilde{R}(s_k)$  - математическое ожидание и дисперсия параметра  $\chi$  для состояния  $s_k$  ;

$m$  - количество обнаруженных субъектов для идентификации;

$n$  - количество состояний структуры.

Принятие решения о принадлежности субъекта к классу  $A_1$  будет выполняться по уравнению:

$h$ -й субъект относится к классу  $A_1$ , если

$$p_h(1) \geq p_{por}, p_h(1) = \max_j \{p_j(1)\}, j = 1 \dots m, \quad (4)$$

где  $h$  - номер возможного субъекта класса  $A_1$  ;

$p(1)$ - вероятность принадлежности  $j$  субъекта к классу  $A_1$  ;

$p_{por}$  - пороговое значение вероятности принятия решения.



Скорость сходимости полученной оценки вероятности зависит от дисперсии измерений (априорно назначаемой в зависимости от соотношения сигнал-шум), измеряемой величины и соответствия априорных законов распределения для идентифицируемых субъектов. Определение априорных показателей можно выполнить на основе параметрической аппроксимации от первых двух условных моментов, изложенной в [3].

В качестве примера на рис.1 приведены реализации процессов оценки вероятности идентификации субъекта в зависимости от номера измерений при двух состояниях системы (1 – идентифицируемый субъект класса  $A_1$ , 2 - субъект класса  $A_2$ ). Необходимо идентифицировать принадлежность наблюдаемого субъекта к одному из заданных классов. Условия реализации примера:  $\tilde{X}(1) = 1.4$  ед.,  $\tilde{X}(2) = 2$  ед.,  $\tilde{R}(1) = 0.25$  ед.,  $\tilde{R}(2) = 0.04$  ед.,  $Q = 0.01$  ед. Математические ожидания измерений, подаваемых на идентификатор были приняты  $Z = 1.3; 1.6; 1.9; 2.2; 2.5$ .

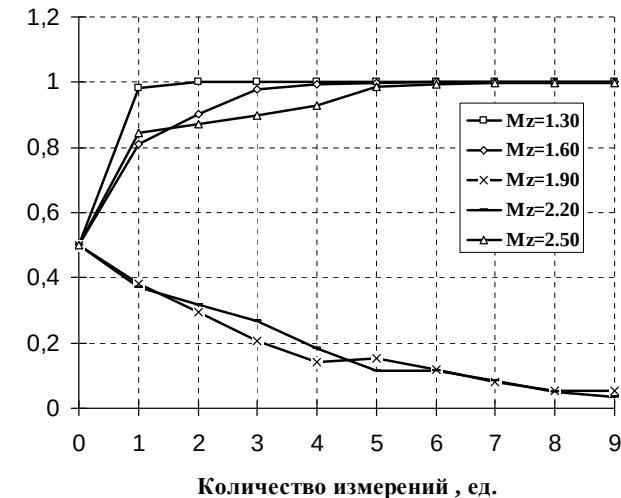


Рис.1. Оценка вероятности идентификации субъекта в зависимости от номера измерений

Оценка вероятности в рассматриваемом алгоритме сходится к значениям вероятности 1 (субъект класса  $A_1$ ) или 0 (субъект класса  $A_2$ ). Скорость сходимости тем больше, чем более выражены отличия параметров идентифицируемых субъектов. На рис.2 приведены законы распределения числа измерений, потребных для идентификации субъектов классификатором в случае, если наблюдается искомый субъект:  $Z = 1.6$ ,  $\tilde{X}(1) = 1.5$ ;  $\tilde{X}(2) = 1.8$ ;  $\tilde{R}(1) = 0.04$ ;  $\tilde{R}(2) = 0.25$ ;  $Q = 0.05$ ;  $0.15$ ;  $0.25$ .



Таким образом можно сделать вывод, что предложенный алгоритм уверенно идентифицирует наблюдаемые субъекты. Платой за возможность идентификации является увеличение времени принятия решения до нескольких измерений.

При малых различиях вычисляемых параметров работа идентификатора определяется достоверностью знания априорных законов распределения для заданных субъектов. Принять решение о возможности использования данного алгоритма возможно только после получения достаточного количества полных и достоверных экспериментальных данных о биометрических параметрах субъектов идентификации в различных условиях.

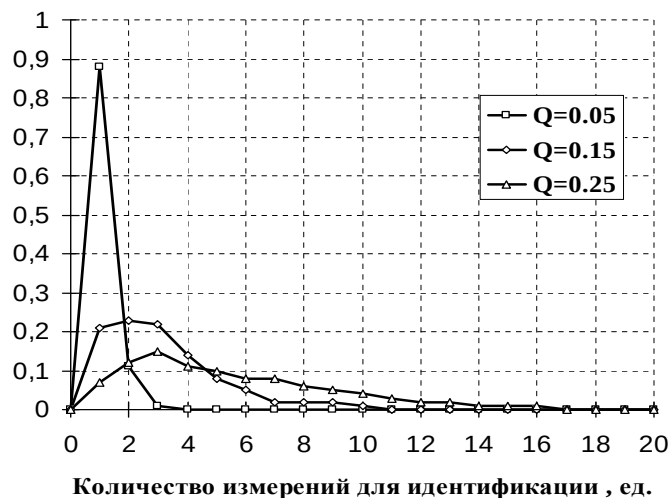


Рис.2. Закон распределения числа измерений, необходимых для идентификации субъекта

#### Литература

1. Бухалев, В. А. Распознавание, оценивание и управление в системах со случайной скачкообразной структурой. – М. : Наука, 1996 .
2. Алгоритм распознавания состояния программы на основе систем со случайной структурой Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014): труды Международной научно-технической конференции Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2014.
3. Прохоров С.А. Аппроксимативный анализ случайных процессов. – 2-е изд., перераб. и доп./СНЦ РАН, 2001.



А.Н. Мазалов

## ЗАЩИЩЕННАЯ ДВУХФАКТОРНАЯ ГРАФИЧЕСКАЯ АУТЕНТИФИКАЦИЯ В СИСТЕМЕ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

(Тамбовский государственный технический университет)

В настоящее время развития рынка систем контроля и управления доступом (СКУД) однозначно направлено на снижение влияния человеческого фактора на процесс обеспечения пропускного режима на объектах. Это повлияло на развитие систем использующих многофакторную аутентификацию.

Использование СКУД позволяет предотвратить несанкционированный доступ людей, транспорта и других объектов в зону (из зоны) доступа в целях обеспечения противокриминальной защиты. [2]

Одним из главных и уязвимых элементов СКУД является идентификатор пользователя. Злоумышленник, скомпрометировав статичный идентификатор, может воспользоваться большим потоком посетителей и пройти через контрольно-пропускной пункт как легальный пользователь. Следовательно, перед специалистами встает задача создания современного защищенного идентификатора.

В настоящее время в качестве идентификаторов применяются такие технологии, как бесконтактные радиочастотные карты и метки, магнитные карты, touch-мемогу, карты Виганда, штрих-кодовые линейные и многомерные метки. [1]

При проведении исследований мною были проанализированы существующие на сегодняшний день технологии (рис. 1). Анализ данных технологий показал, что идентификаторы, выполненные по технологии QR-кодов обладают существенными преимуществами по сравнению с остальными. Данные идентификаторы имеют минимальную стоимость, не подвержены помехам в виде электромагнитных полей, что является существенной проблемой RFID-технологии, могут работать при повреждениях метки.

Для исправления ошибок в QR-кодах применяется код Рида-Соломона с 8-битным кодовым словом. Существует четыре уровня избыточности: 7, 15, 25 и 30 %. Благодаря исправлению ошибок, удаётся считать код даже если он поврежден на 30%, что является невозможным при работе с его аналогами. [3]

Одним из недостатков QR – кодов является возможность их подделки, так как сам QR-код непосредственно не защищен. В данной работе, предлагается новый метод, который позволяет этого избежать.

Защита идентификатора пользователя будет осуществляться следующим способом.



| Характеристика                                                    | RFID                                                      | Штрих-код                              | QR-код                                 |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|
| Необходимость в прямой видимости                                  | Возможно чтение без прямого контакта и вне зоны видимости | Чтение без прямой видимости невозможно | Чтение без прямой видимости невозможно |
| Объем памяти                                                      | От 10 до 512 000 байт                                     | До 100 байт                            | До 3 072 байт                          |
| Дальность регистрации                                             | До 300 м                                                  | До 4 м                                 | До 3 м                                 |
| Возможность перезаписи данных и многократного использования метки | Нет                                                       | Нет                                    | Нет                                    |
| Безопасность и защита от подделки                                 | Подделка практически невозможна                           | Подделка легка                         | Подделка возможна                      |
| Работа при повреждении метки                                      | Невозможна                                                | Затруднена                             | Возможна                               |
| Подверженность помехам в виде электромагнитных полей              | Есть                                                      | Нет                                    | Нет                                    |
| Стоимость                                                         | Средняя и высокая                                         | Низкая                                 | Низкая                                 |

Рис. 1 – Сравнительный анализ RFID, штрих-код и QR-код технологий

Лицевая сторона пропуска (рис. 2) содержит идентификационные признаки организации и QR1-код, содержащий идентификатор (ID) пользователя.



Рис. 2 – Лицевая сторона (слева), оборотная сторона пропуска в видимом (справа) и инфракрасном диапазоне (нижняя)

На оборотной стороне пропуска обнаружить какую-либо информацию в видимом диапазоне невозможно. Однако, если просканировать ее в инфракрасном диапазоне, то мы увидим второй QR2-код, защищающий пропуск от подделки.

Защитный QR2-код наносится на пропуск специальными инфракрасными чернилами при помощи принтера. Он будет нести в себе значения SALT и Hash(PIN) карты, которые являются уникальными для каждого пропуска. По сути, это специальная информация для подтверждения подлинности карты в СКУД.

Аутентификация пользователя в СКУД будет осуществляться при помощи вычисления значения хеш-функции от двух QR-кодов, однако из QR2 будет браться не оба значения, а только SALT карты.

$$QR1 + QR2 \rightarrow hash(ID + SALT)$$

В результате сравнения значения Hash(ID + SALT) со значением Hash\*(ID + SALT), хранящемся в базе данных сервера, выдается результат аутентификации – разрешение или запрет на вход в контролируемую зону.

#### Алгоритм работы

Для работы в системе пользователю необходимо быть зарегистрированным в базе данных (БД) организации. Внесение пользовательских данных в БД



проводит администратор системы. После этого зарегистрированный пользователь может быть распознан.

В начале работы системы необходимо поднести идентификатор пользователя к устройству считывателя. Произойдет считывание двух QR-кодов с разных сторон идентификатора. В результате чего, из QR1 будет получен идентификатор (ID) пользователя, а из QR2 будет извлечены SALT и Hash(PIN) карты.

При работе системы в штатном режиме на сервер отправляется запрос прохождения процедуры аутентификации. В этом запросе на сервер посылаются Hash-карты, сформированный путем сложения ID пользователя, извлеченного из QR1 и SALT, извлеченной из QR2.

Сервер проверяет данные полученные с терминала, с данными, хранящимися в БД.

После процедуры проверки сервер посылает ответ, разрешающий или запрещающий доступ субъекту на контролируемую территорию.

При возникновении неполадок в сети, то есть, когда отправить запрос на сервер не представляется возможным, начинает функционировать второй режим работы системы.

Пользователь предъявляет свой идентификатор. Система, зная, что не может отправить запрос на сервер, просит субъект ввести PIN, который может быть известен только законному пользователю системы.

Терминал вычисляет значение хеш от PIN, введенного пользователем. После этого сравнивает его со значением Hash(PIN), хранящемся в QR2-коде карты. Терминалом выдается результат аутентификации – разрешение или запрет на вход в контролируемую зону.

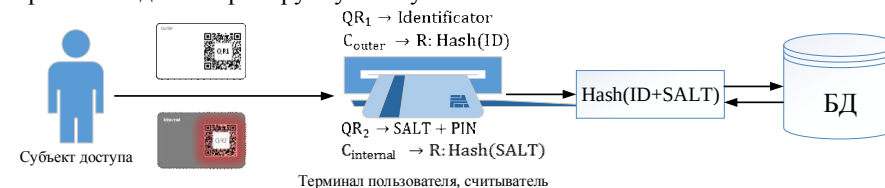


Рис. 3 – Фрагмент структурной схемы алгоритма СКУД на основе двухфакторной графической аутентификации



### Подделка идентификатора

В случае утери идентификатора легальный пользователь системы должен сообщить об этом в службу безопасности, которая, в свою очередь, вводит в действие второй режим работы системы, при котором во время прохождения процедуры аутентификации необходимо вводить PIN-код.

Злоумышленник может украсть идентификатор и воспользоваться им при прохождении на объект, предоставив его системе. В данном случае, злоумышленник не знает о наличии на оборотной стороне идентификатора дополнительного невидимого QR-кода и не сможет попасть на контролируемую территорию.

Система, находясь во втором режиме работы, попросит субъект ввести PIN-код, который известен только законному пользователю. Нарушитель, попытавшись ввести его, получит отказ.

### Возможности использования

Изготовление идентификаторов выполненных по данной технологии является несложным и быстрым процессом. Такие идентификаторы можно напечатать на любом принтере, лишь заменив в нем чернила на инфракрасные.

Перспективным решением является использование данных идентификаторов в качестве одноразовых пропусков на объектах с зонами ограниченного доступа. Контролер может выдавать одноразовые пропуска субъектам запросившим их. В данном случае, субъекту необходимо предоставить свои паспортные данные и сообщить цель визита на объект.

СКУД на основе двухфакторной графической аутентификации применимы во всех организациях, где присутствует необходимость контроля доступа на охраняемую территорию или в зону ограниченного доступа. К таким объектам можно отнести учреждения образования, здравоохранения, транспорта, бизнеса, культуры, жилищно-коммунального хозяйства.

### Вывод

В рамках разработки системы двухфакторной графической аутентификации был предложен подход, заключающийся в использовании в качестве идентификатора субъекта технологии QR-кодов. Данная технология позволяет защитить пропуск от подделки, прилагая при этом минимум материальных, физических и финансовых затрат.

Отличительной особенностью подхода является применение на идентификаторе двух QR-кодов, нанесенных на разные стороны пропуска. Защитный QR-код, нанесенный на оборотную сторону является невидимым в обычном (видимом) диапазоне, что позволяет защитить идентификатор от подделки. Данный QR-код возможно считать только в инфракрасном диапазоне.

Предлагаемый подход позволяет не только повысить степень защищенности идентификатора, но и решить проблему стоимости внедрения СКУД, так как является более дешевым.



### Литература

1. Ворона В. А. Системы контроля и управления доступом / Ворона В. А., Тихонов В. А. – М.: Горячая линия-Телеком, 2010. – 272 с.
2. Шелупанова А.А. Аутентификация. Теория и практика обеспечения безопасного доступа к информационным ресурсам / А.А. Шелупанова [и др.]. – М.: Горячая линия-Телеком, 2012. – 550 с.
3. QR код [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.qrcc.ru/qrcode.html>
4. Шаньгин В.Ф. Защита информации в компьютерных системах и сетях / В.Ф. Шаньгин. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 592 с.
5. Громов Ю.Ю., Тихомирова А.А., Щербинин П.А, Яковлев А.В. Двумерный штрихкод как идентифицирующая метка в системах контроля и управления доступом // «Известия академии инженерных наук им. А.М. Прохорова»: ежеквартальный научно-технический журнал. – М.: Научтехлитиздат, 2013, №1

В.О. Рублевская, В.А. Акулов

### ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ: АЛГОРИТМЫ И ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА

(Самарский государственный технический университет)

Актуальность и цели.

Объектом исследования являются алгоритмы кластеризации сложных объектов на геоинформационных картах, а так же ограничение доступа к ним [1],[2]. Предметом исследования являлась разработка новых алгоритмов на основе объединения объектов по расстоянию с использованием графов и окружностей.

Цель исследования: разработка программного средства, предназначенного для управления доступом к кластеризованным объектам.

Материалы и методы.

В качестве основного метода защиты информации применено имитационное моделирование. Предусмотрено отображение карт и кластеров на их поверхности с использованием средств библиотеки CesiumJS. Выполнена оценка быстродействия системы.

Результаты.

Решена задача кластеризации групп объектов с использованием графов и окружностей. Каждый из этих способов предусматривает наличие системы безопасности, которая отображает кластеризацию лишь на тех уровнях, которые доступны для просмотра пользователю. Уровень доступа напрямую связан с масштабированием ландшафтной сетки. В общей сложности предусмотрено 25 градаций, что, в свою очередь, обеспечивает высокую гибкость системы и адаптацию к конкретным условиям.



## Выводы

1. Разработаны алгоритмы кластеризации объектов по расстоянию с использованием графов и окружностей. Система запускается на сервере, где хранятся необходимые объекты для кластеризации.
2. Предусмотрена защита данных посредством ограничения доступа к уровням для различных пользователей при помощи отображения кластеров лишь на разрешенных уровнях.
3. Решена задача по объединению отдельных объектов в кластеры с помощью графических и аналитических моделей. Построена экспериментальная модель зависимости разбиения кластеров от уровня высоты.
4. Система протестирована на реальной информации. Установлено, что система обладает высоким быстродействием при построении и отображении кластеров на трехмерной карте в Web-интерфейсе.
5. Сформулированы направления дальнейших исследований. В их числе, кластеризация групп объектов, вывод формул для группировки объектов в зависимости от высоты камеры, для расширения диапазона уровней доступа к объектам.

## Литература

1. Котов А., Красильников Н. Кластеризация данных. 2006.
2. Воронцов К.В. Алгоритмы кластеризации и многомерного шкалирования. Курс лекций. МГУ, 2007.



В.П. Цветов

## О ФАКТОРИЗАЦИИ БИНАРНЫХ ОТНОШЕНИЙ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Теория бинарных отношений, в частности, теория упорядоченных полугрупп бинарных отношений, представляет самостоятельный интерес, а также находит обширные применения, например, в теории графов, теории автоматов, теории кодирования и т.п. [1-2].

В докладе рассматривается представление произвольного бинарного отношения в виде произведения двух бинарных отношений, одно из которых функционально, а второе является обратным к функциональному, что может оказаться полезным при исследовании свойств бинарных отношений и разработке алгоритмов решения прикладных задач.

Введем следующие обозначения и определения.

$\mathbb{N}$ - множество натуральных чисел;

$\mathbb{N}_0 = \mathbb{N} \cup \{0\}$ - множество натуральных чисел с нулем;

$m..n = \{m, m+1, \dots, n\} \subset \mathbb{N}_0$ ;

$|V|$ - мощность множества  $V$ ;

$2^V$ - булеан над множеством  $V$ ;

$\chi_{V_1}(v) = \begin{cases} 1, v \in V_1 \\ 0, v \notin V_1 \end{cases}$ - индикатор множества  $V_1 \in 2^V$ ;

$V \times U = \{e = (v, u) \mid v \in V, u \in U\}$ - декартово произведение множеств  $V$  и  $U$ ;

$2^{V \times U}$ - множество бинарных отношений из  $V$  в  $U$ ;

$I_V = \{(v, v) \mid v \in V\} \in 2^{V \times V}$ - тождественное бинарное отношение на множестве  $V$ ;

$R^{-1} = \{(u, v) \mid (v, u) \in R\} \in 2^{U \times V}$ - обратное к бинарному отношению  $R \in 2^{V \times U}$ ;

$R_1 \circ R_2 = \{(v, w) \mid \exists u \in U (v, u) \in R_1 \wedge (u, w) \in R_2\} \in 2^{V \times W}$ - произведение бинарных отношений  $R_1 \in 2^{V \times U}$  и  $R_2 \in 2^{U \times W}$ ;

$D_R = \{v \mid \exists u \in U (v, u) \in R\} \in 2^V$ - область определения бинарного отношения  $R \in 2^{V \times U}$ ;

$E_R = \{u \mid \exists v \in V (v, u) \in R\} \in 2^U$ - область значений бинарного отношения  $R \in 2^{V \times U}$ ;

$R \in 2^{V \times U}$ - функционально (функция из  $V$  в  $U$ ), если и только если  $R^{-1} \circ R \subseteq I_U$ ;

$R \in 2^{V \times U}$ - инъективно, если и только если  $R \circ R^{-1} \subseteq I_V$ ;

$R \in 2^{V \times U}$ - тотально, если и только если  $D_R = V$ ;

$R \in 2^{V \times U}$ - сюръективно, если и только если  $E_R = U$ ;

$U^V \in 2^{V \times U}$ - множество тотальных функций из  $V$  в  $U$ ;



$|2^{V \times U} \ni U^V \ni F$ - тотальная биекция из  $V$  в  $U$ , если и только если  $F$  инъективна и сюръективна;

$G(V, R)$ - модель с основой  $V$  и сигнатурой  $R \in 2^{V \times V}$  (граф с множеством вершин  $V$  и множеством ребер  $R$ )

$[r_{ij}]$ - матрица размерности  $n \times m$  с элементами из множества  $0..1 = \{0, 1\} \subset \mathbb{N}_0$ ;

$[r_{ij}]^T = [r_{ji}]$ - транспонирование матрицы  $[r_{ij}]$ ;

$[r_{ij}^1] \sqcup [r_{ij}^2] = [\max_{i,j} (r_{ij}^1, r_{ij}^2)]$ - прямая сумма матриц  $[r_{ij}^1]$  и  $[r_{ij}^2]$  размерностей  $n \times m$ ;

$[r_{ik}^1] \circ [r_{kj}^2] = [\max_{k \in 1..s} (\min_{i,j} (r_{ik}^1, r_{kj}^2))]$ - произведение матриц  $[r_{ik}^1]$  и  $[r_{kj}^2]$  размерностей  $n \times s$  и  $s \times m$ , соответственно.

Рассмотрим бинарное отношение  $R \in 2^{V \times U}$ , и определим бинарное отношение  $\vec{R} \in 2^{V \times (V \times U)}$  следующим правилом: будем считать, что  $(v_0, e_0) \in \vec{R}$ , если и только если  $e_0 = (v_0, u) \in R$ .

Аналогично определим бинарное отношение  $\tilde{R} \in 2^{U \times (V \times U)}$  правилом  $(u_0, e_0) \in \tilde{R}$ , если и только если  $e_0 = (v, u_0) \in R$ .

Нетрудно показать, что выполняется соотношения  $E_{\vec{R}} = E_{\tilde{R}} = R$ ,  $D_{\vec{R}} = D_R$ ,  $D_{\tilde{R}} = E_R$ ,  $\vec{R}^{-1} \circ \vec{R} \cap \tilde{R}^{-1} \circ \tilde{R} \subseteq I_{V \times U}$ ,  $\vec{R} \circ \vec{R}^{-1} \subseteq I_V$ ,  $\tilde{R} \circ \tilde{R}^{-1} \subseteq I_U$ ,  $R = \vec{R} \circ \tilde{R}^{-1}$ , что, в частности, означает функциональность бинарных отношений  $\vec{R}^{-1}$  и  $\tilde{R}^{-1}$ , а также представимость  $R$  в виде произведения  $(\vec{R}^{-1})^{-1} \circ \tilde{R}^{-1}$ .

Заметим, что в случае тотальности бинарного отношения  $R \in 2^{V \times U}$  выполняется точное равенство  $\vec{R} \circ \vec{R}^{-1} = I_V$ , а в случае его сюръективности - точное равенство  $\tilde{R} \circ \tilde{R}^{-1} = I_U$ .

Кроме того, будет иметь место разложение  $R = \vec{R} \circ R' \circ R'' \circ \tilde{R}^{-1}$  с произвольными  $R' \in 2^{(V \times U) \times W}$ ,  $R'' \in 2^{W \times (V \times U)}$ , для которых выполняется равенство  $R' \circ R'' = I_{V \times U}$ , например, при  $R' = G^{-1}$  и  $R'' = G$ , где  $G \in (V \times U)^{V \times U}$  - произвольная тотальная биекция.

Наибольший интерес представляет случай  $U = V$ ,  $|V| = n \in \mathbb{N}$ , имеющий непосредственную интерпретацию в теории графов. Задав множество вершин графа  $V = \{v_1, \dots, v_n\}$  перечислением элементов, а множество его ребер как  $R \in 2^{V \times V}$ , можно использовать матричные представления индикаторов бинарных отношений  $\vec{R}$ ,  $\tilde{R}$  и матричные операции для представления матриц смежности вершин графа  $[r_{ij}]$ , инцидентности вершин ребер  $[s_{ij}]$ , смежности исходящих (входящих) ребер  $[\tilde{c}_{ij}]$  ( $[\tilde{c}_{ij}]$ ) и т.п. для графа  $G(V, R)$ .

Обозначив  $[\tilde{r}_{ij}] = [\chi_{\vec{R}}(v_i, e_j)]$  и  $[\tilde{r}_{ij}] = [\chi_{\tilde{R}}(v_i, e_j)]$ , приходим к легко проверяемым равенствам  $[r_{ij}] = [\tilde{r}_{ij}] \circ [\tilde{r}_{ij}]^T$ ,  $[s_{ij}] = [\tilde{r}_{ij}] \sqcup [\tilde{r}_{ij}]$ ,  $[\tilde{c}_{ij}] = [\tilde{r}_{ij}]^T \circ [\tilde{r}_{ij}]$  ( $[\tilde{c}_{ij}] = [\tilde{r}_{ij}]^T \circ [\tilde{r}_{ij}]$ ).



В качестве примера рассмотрим пару бинарных отношений  $R_1 \in 2^{V \times V}$  и  $R_2 \in 2^{V \times V}$  в предположении существования тотальной биекции  $F_0 \in V^V$ , для которой выполняется равенство

$$R_2 = F_0 \circ R_1 \circ F_0^{-1}. \quad (1)$$

На основании ранее полученного представления приходим к справедливости равенства

$$R_2 = \vec{R}_2 \circ \tilde{R}_2^{-1} = F_0 \circ \vec{R}_1 \circ \tilde{R}_1^{-1} \circ F_0^{-1} = (F_0 \circ \vec{R}_1 \circ G^{-1}) \circ (F_0 \circ \tilde{R}_1 \circ G^{-1})^{-1}, \quad (2)$$

с произвольной тотальной биекцией  $G \in (V \times V)^{V \times V}$ .

Можно показать существование тотальной биекции  $G_0 \in (V \times V)^{V \times V}$ , для которой условие выполнения (2) равносильно выполнению системы равенств

$$\begin{cases} \vec{R}_2 = F_0 \circ \vec{R}_1 \circ G_0^{-1} \\ \tilde{R}_2 = F_0 \circ \tilde{R}_1 \circ G_0^{-1} \end{cases} \quad (3)$$

Выполнение системы равенств (3) эквивалентно выполнению системы матричных равенств

$$\begin{cases} [\tilde{r}_{ij}^2] = [f_{ij}] \circ [\tilde{r}_{ij}^1] \circ [g_{ij}]^T \\ [\tilde{r}_{ij}^2] = [f_{ij}] \circ [\tilde{r}_{ij}^1] \circ [g_{ij}]^T \end{cases} \quad (4)$$

с матрицами  $[\tilde{r}_{ij}^1]$ ,  $[\tilde{r}_{ij}^1]$ ,  $[\tilde{r}_{ij}^2]$ ,  $[\tilde{r}_{ij}^2]$  размерности  $n \times n^2$ , построенными по индикаторам соответствующих бинарных отношений  $\vec{R}_1$ ,  $\tilde{R}_1$ ,  $\vec{R}_2$ ,  $\tilde{R}_2$  и двумя независимыми матрицами перестановок строк и столбцов  $[f_{ij}]$  и  $[g_{ij}]$  размерности  $n \times n$  и  $n^2 \times n^2$ , построенными по индикаторам тотальных биекций  $F$  и  $G$ .

Размерность матриц в (4) можно понизить, рассматривая бинарные отношения  $\vec{R}_1$ ,  $\tilde{R}_1$ ,  $\vec{R}_2$ ,  $\tilde{R}_2$  не как отношения из множества  $V$  в множество  $V \times V$ , а как отношения из множества  $V$  в множества  $R_1 \times R_1$  и  $R_2 \times R_2$ , соответственно, при выполнении естественного условия  $|R_1| = |R_2|$ . При этом матрица  $[g_{ij}]$ , может быть интерпретирована как матрица, построенная по индикатору тотальной биекции  $G \in R_1^{R_2}$ .

#### Литература

1. Клиффорд, А. Алгебраическая теория полугрупп [Текст]: в 2 т. / А. Клиффорд, Г. Престон. – М.: Мир, 1972.
2. Биркгоф, Г. Теория структур [Текст] / Г. Биркгоф. – М.: Издательство иностранной литературы, 1952. – 407 с.





В.Б. Цеханский, К.Н. Ловцов, Н.С. Сухов

## ПОТЕНЦИАЛЬНОЕ ПОЛЕ И ПРИНЦИП ЖАДНОГО ПРОДВИЖЕНИЯ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

В настоящее время бурное развитие телекоммуникационных сетей привело к переходу от иерархических сетей к самоорганизующимся системам. Этот переход особенно заметен в области беспроводных систем связи. Вместо старых систем с базовыми станциями, коммутаторами и шлюзами произошел переход к самоорганизующимся сенсорным сетям, в которых конечное устройство может выполнять роль маршрутизатора и перенаправлять пакеты до точки назначения.

Следует отметить, что сенсорные сети не предполагают хранения полной таблицы маршрутизации, каждый узел оперирует только с информацией о ближайших соседях. Решение о перенаправлении пакета после его получения принимается, опираясь только на локальную информацию и данные о получателе, которые содержатся в пересылаемом пакете. Цель нашей работы — это поиск нового алгоритма маршрутизации, который вводит понятие потенциальной энергии по аналогии с электростатическим полем. Теперь при принятии решения об отправлении пакета, он будет передаваться тому из соседних сенсоров, у кого потенциальная энергия наименьшая. То есть вместо значения расстояния до конечного сенсора будет использоваться значение потенциальной энергии [1].

Предлагаемый нами подход имеет несколько областей применения. Во-первых, потенциальное поле можно использовать для управления трафиком в сенсорных сетях, те узлы, которые перегружены, могут создавать дополнительные потенциальные поля, отклоняющие дополнительный трафик [2, 3]. Наше решение позволяет обходить отдельные участки сети с подозрительными узлами для решения проблем безопасности соединений [4]. Наконец, для повышения жизнеспособности сети потенциальная энергия может повышаться у узлов с небольшим уровнем остаточной емкости электрических батарей [5].

Рассмотрим произвольную конфигурацию сенсоров на плоскости, радиус связи каждого сенсора  $D$  ограничен, так что он может обмениваться пакетами только с несколькими ближайшими соседями. Для простоты предположим, что данная конфигурация статична и в ней отсутствуют пустоты.

Если устанавливать связь, используя принцип жадной маршрутизации (GF), то необходимо выделить точки начала и конца маршрута. На каждом шаге пакет будет переправляться тому из сенсоров, который ближе всего к точке назначения. С точки зрения электростатики для описания подобной маршрутизации достаточно расположить в точке назначения отрицательный заряд, который задает потенциальное поле. После этого в начале маршрута разместим единич-



ный положительный заряд. Маршрут движения единичного положительного заряда будет максимально приближен к маршруту, проложенному по принципу жадного продвижения.

Модернизация потенциала при наличии пустот в сенсорной конфигурации это основная задача, которой посвящен данный раздел. Маршрутизации по принципу жадного продвижения порождает проблему локального минимума. Это ситуация, когда пакет попадает к такому узлу, у которого из-за пустоты нет соседей, расположенных ближе к точке назначения.

Электростатический подход позволяет модернизировать значение потенциала так, чтобы избежать ситуации локального минимума. Для решения поставленной проблемы используем метод изображений в электростатике. Согласно этому методу для учета влияния пустот должны добавляться новые индуцированные заряды, расположенные внутри пустот. Тогда в зоне расположения сенсоров результирующее поле будет являться суммой потенциалов конечного заряда и индуцированных зарядов. Следуя теореме единственности легко доказать, что это решение является правильным. Если формы пустот произвольные, то для этого случая решение также можно получить методом изображений. Все границы пустот принимаются за проводящие поверхности с заземлением. То есть потенциал границы пустот равен нулю.

Влияние пустот для области, где расположены сенсоры будет описываться системой распределенных зарядов, математически для этого используются функции Грина. По определению, функцией Грина называется потенциальная энергия данной системы заземленных проводников, в которой имеется единичный положительный заряд, расположенный в фиксированной точке.

Функция Грина является автоматическим решением задачи для заданной конфигурации сенсоров и пустот, если в точке назначения разместить единичный отрицательный заряд. Именно функцию Грина и надо использовать в принципе жадного продвижения в качестве потенциала. Следует отметить, что все индуцированные заряды расположены внутри пустот. Для полостей сложной формы можно использовать приближение круговыми поверхностями. Подобное решение позволяет избежать проблемы локального минимума.

Найденное неприменимо для практических целей. Организовать маршрутизацию на основе данного решения чрезвычайно сложно, так как потенциальное поле будет зависеть от точки назначения. Для организации маршрутизации необходимо искать упрощенное и приближенное решение, когда потенциальное поле не должно меняться при изменении точки назначения. При этом это решение должно обладать всеми свойствами точного решения.

Итоговый потенциал будет:

$$\varphi_c = -\frac{Q}{R - r_c} + \sum_i^M \frac{q_i \cdot l^{n-1}}{(R - R_i)^n}$$



$$q_t \cdot l^{n-1} = \frac{Q \cdot r_t^{n+1}}{n \cdot \left( \left( \overline{R - (R_e)} \right) + \overline{r_t} \right)^2}$$

Аппроксимируем потенциал для дыры (рис. 1):

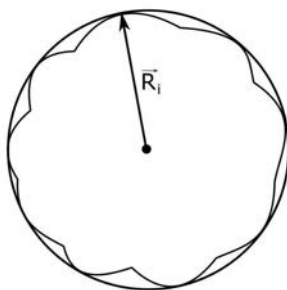


Рис. 1

Приближение при  $n = 2$  обладает наилучшими свойствами.

#### Литература

1. Newman M. E. J. The structure and function of complex networks //SIAM review. – 2003. – Т. 45. – №. 2. – С. 167-256.
2. Krioukov D. et al. On compact routing for the Internet //ACM SIGCOMM Computer Communication Review. – 2007. – Т. 37. – №. 3. – С. 41-52.
3. Mahadevan P. et al. Systematic topology analysis and generation using degree correlations //ACM SIGCOMM Computer Communication Review. – ACM, 2006. – Т. 36. – №. 4. – С. 135-146.
4. Porter M. A., Onnela J. P., Mucha P. J. Communities in networks //Notices of the AMS. – 2009. – Т. 56. – №. 9. – С. 1082-1097.
5. Carbone L. et al. The spectrum of internet performance //Passive and Active Measurements (PAM2003). – 2003. – С. 75-88.

Р.В. Чигирь

#### СИСТЕМА АУТЕНТИФИКАЦИИ В РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СЕТЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций  
и информатики)

Развитие систем телекоммуникаций и повсеместное их внедрение практически во все сферы жизнедеятельности человека ведёт к росту доступности различных информационных ресурсов. В свою очередь это способствует тому, что помимо открытых сетевых ресурсов более доступны становятся и источни-



ки с конфиденциальной информацией. Обеспечение безопасности и разграничение прав доступа к данным источникам становится всё более сложной задачей, так как количество уязвимостей с ростом их доступности также становится больше. Многие системы, обеспечивающие безопасность ресурсов, становятся менее эффективными в подобных условиях эксплуатации, а использование отдельных систем становится и вовсе не целесообразным из-за особенностей их функционирования.

Соответственно, системы обеспечения безопасности передачи данных должны учитывать особенности функционирования архитектуры сети и быть гибкими и оперативными во взаимодействии с ними. Одним из важнейших аспектов систем безопасности является процедура аутентификации пользователей, так как именно благодаря ей система может определять всех адресатов передачи данных, их права доступа во взаимодействия и создавать возможность безопасного обмена информацией.

Системы аутентификации пользователей можно условно разделить на две группы: стационарные и мобильные. Данное разделение лежит в различии первоначальных задач, стоявших перед этими системами.

Стационарные системы изначально разрабатывались для функционирования на фиксированных локальных вычислительных сетях. Они должны были обеспечивать идентификацию пользователей, жёстко привязанных за географическими и, возможно, несколькими логическими локациями. В данных системах точки терминации пользователей известны заранее, и остаётся только обеспечить процедуру авторизации пользователей для определения их прав доступа во взаимодействии с ресурсами и другими пользователями. Подобные системы обеспечивали весьма хорошие показатели защищённости передачи информации по каналам передачи данных [1].

Типичным и наиболее ярким представителем таких систем является протокол аутентификации Kerberos [2]. В настоящий момент его активной версией является Kerberos 5, в нём, по сравнению с предыдущими, был расширен список используемых криптографических протоколов, усовершенствованы процедуры постановки и проверки Электронной Цифровой Подписи.

Недостатком данной системы является централизация управления процедурами аутентификации, где каждый из сторон являются зависимыми от решающего центра – так называемого «арбитра», который проводит проверку подлинности пользователей и управляет их правами доступа. Данный элемент ввиду логической распределённости сетей передачи данных может быть скомпрометирован злоумышленниками, что подрывает безопасность передачи информации в таких системах. Подтверждением опасности этой уязвимости служат известные факты об утечке пользовательских данных с крупных сетевых ресурсов в начале 2010 годов [3;4].

Мобильные системы аутентификации разрабатывались для обеспечения мобильного доступа в сеть пользователя независимо от его географического местоположения, и гарантированного предоставления ему сервисов согласно его прав доступа. Данные системы имеют высокие показатели гибкости сопро-



вождения пользователя как в физических так и логических локациях, способны гарантировано определять участников передачи информации при процедуре аутентификации.

Основным же недостатком данной системы является меньшая по сравнению со стационарными системами криптостойкостью канала. Данный недостаток был связан в первую очередь с недостаточной ресурсной мощностью клиентских терминалов для обеспечения функционирования более развитых систем обеспечения безопасности. Недостаток криптостойкости каналов в мобильных системах аутентификации так и не был устранён, несмотря на прогресс в области клиентских терминалов, к тому же уже длительное время на рынке технологий не появляются новые разработки в этом направлении. Подтверждением факта уязвимости мобильных систем служит международный скандал июня 2015 года, связанный с прослушкой немецких политических деятелей через средства мобильной связи.

На сегодняшний день проблема вычислительной мощности клиентских терминалов фактически осталась в прошлом. Современные клиентские терминалы представляют из себя портативные ЭВМ с достаточной производительностью, для решения задач различной степени сложности.

Проводя анализ ситуации в сфере телекоммуникационной безопасности, можно сделать вывод, что для обеспечения максимальных показателей эффективности защиты ресурсов требуются системы с достаточной автономностью и самодостаточностью в работе элементов, а также возможностью адаптации под внешние условия и оперативной реакцией на их изменения.

Такой системой, отвечающей обозначенным требованиям, является система независимой аутентификации с интеллектуальным распределением ключей безопасности в открытых сетях передачи данных.

Стороны взаимодействия наделены всем необходимым функционалом для проведения автономной проверки подлинности второй стороны, а также для подтверждения собственной аутентичности. Это позволяет исключить из взаимодействия третьи стороны с решающим голосом, тем самым убирая возможность их компрометации, а также делая стороны взаимодействия более универсальными. Также это позволяет более гибко и оперативно настраивать политики доступа в сети.

Инициатором открытия сессии служит клиент, отправивший запрос на доступ к ресурсу. Система безопасности ресурса должна подтвердить свою подлинность, а также предоставить данные по параметрам взаимодействия. Затем запрошенный ресурс запрашивает клиента на подтверждение подлинности. На основании полученных данных определяется права доступа. После успешного взаимного подтверждения подлинности участвующих сторон и согласования параметров взаимодействия вырабатывается сеансовый ключ, и сессия считается установленной. После завершения сессии вся информация по взаимодействию удаляется и при новом подключении уже генерируется новая техническая информация.



Переход на симметричное шифрование проводится для ускорения процесса передачи и обработки данных между клиентом и облаком с целью увеличить производительность системы и уменьшить нагрузку на аппаратно-программное обеспечение сторон. Если же в дальнейшем нет необходимости подтверждать авторство передаваемых сообщений, то можно отключить модуль цифровой подписи при передаче данных по симметричному каналу.

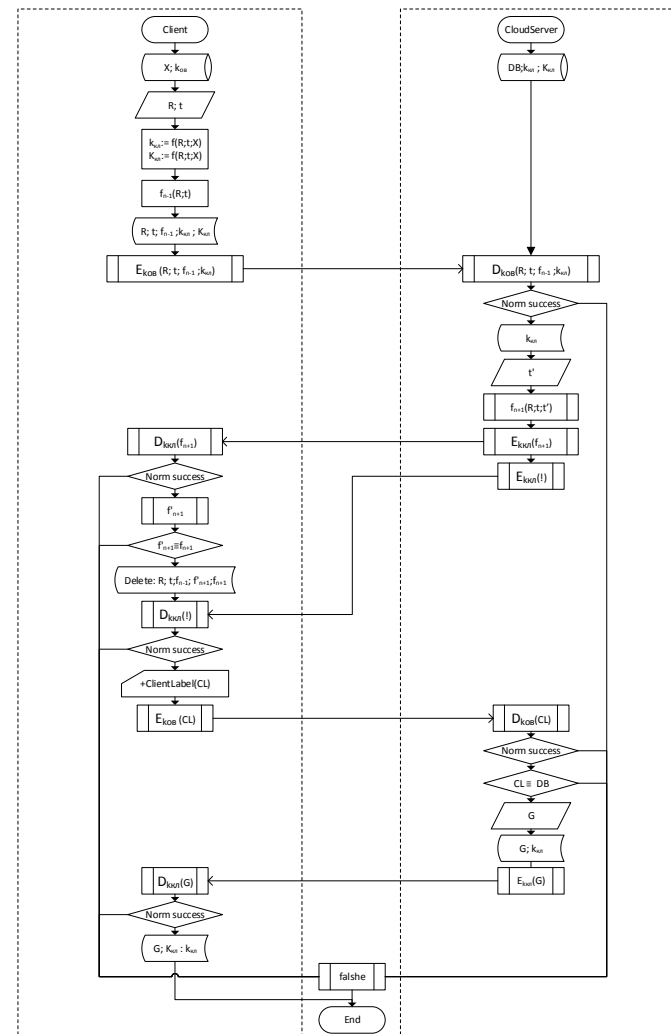


Рис.1 Алгоритм аутентификации в распределённых сетях передачи данных



Характерной особенностью этого алгоритма является модульный принцип построения элементов процедуры аутентификации, позволяющий использовать любые, как уже известные элементы, так и оперативно внедрять новые, только разрабатываемые. В отличие от имеющегося программного обеспечения, которое также позволяет по модульному принципу выбирать процедурные элементы, данный алгоритм отличается большей мобильностью сторон, а также автоматизацией создания временной служебной информации.

Автоматизация создания, использования и удаления клиентских ключей безопасности приводит к повышению степени защищённости организуемого канала передачи данных, так как данные ключи, имея достаточную длину и время жизни равную продолжительности сеанса связи, фактически ставят задачу их перехвата в разряд нереальной. Также имеется возможность организации автоматического обновления и настройки элементов системы аутентификации, оперативного внесения изменений в его работу.

По средством данного алгоритма обеспечивается должный уровень защищённости как ресурсов, так и самих пользователей от стороннего вредоносного воздействия. Снижается степень влияния уязвимостей в работе открытых телекоммуникационных сетей. За подобные системы стоит будущее в обеспечении сетевой безопасности.

### Литература

1. Сергей Панасенко // Протоколы аутентификации // «БЫТЕ Россия», №4 (80), апрель 2005 (<http://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=9059>)
2. Станислав Коротыгин // Протокол сетевой аутентификации Kerberos 5// «iXBT.com», 10 января 2001 (<http://www.ixbt.com/comm/kerberos5.shtml>)
3. Михаил Кондрашин // Безопасность облачных вычислений // "Storage News" № 1 (41), 2010 (<http://www.pcmag.ru/solutions/detail.php?ID=38248>)
4. Шон Дьюби // Kerberos: пациент скорее мертв, чем жив?// «Windows IT Pro», № 03, 2014 (<http://www.osp.ru/win2000/2014/03/13039732/>)

П.К. Шиверов, В.В. Бондаренко

### СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЭЛЕМЕНТЫ МОДЕЛИ ДОВЕРИЯ

(Самарский национальный исследовательский университе  
имени академика С.П. Королёва)

### Введение

Анализ стойкости систем защиты информации, во многом, зависит от возможности установить наличие доверия между двумя или более общающимися абонентами сети. Отсюда вытекает задача получения механизма оценки доверия.

### Составляющие доверия

Доверие, являясь одним из основополагающих понятий в психологии, социологии, экономике, информационной безопасности и т.д., само включает в



себя несколько различных элементов. Ниже будут рассмотрены основные понятия и элементы доверия.

Значительную роль в формировании доверия играет понятие риска (материального, экономического, репутационного и т.д.).

Субъекту доверия всегда приходится принимать на себя риски, связанные с возможной ошибкой в выборе доверенного объекта. Риск определяет возможные негативные последствия принятия решения. В ряде работ, посвящённых методам оценки доверия, вводится понятие порога "приемлемого" ущерба, который может оказаться настолько высоким, что даже при минимальной вероятности реализации соответствующей угрозы, может свести доверие к нулю [1].

Ещё одним фактором, влияющим на уровень доверия, является репутация, роль которой сводится к накоплению знаний об оцениваемом объекте.

В общем случае, репутация - это сформировавшееся общественное мнение о качествах, достоинствах и недостатках того или иного индивида [1].

Более функциональное определение репутации выглядит так.

Репутация - это восприятие об агенте, сложившееся на основе его прошлых действий, о его намерениях и нормах [2].

Особенную роль репутация играет в оценке доверия в электронной коммерции и социальных сетях, где позволяет пользователю выбирать более надёжных собеседников, поставщиков товаров или покупателей на основе отзывов других пользователей.

Иными словами, репутация - это коллективный опыт, связанный с поведением оцениваемого объекта.

Значение репутации в определении доверия настолько велико, что некоторые модели расчёта фактически отождествляют эти два понятия. Однако, этот подход нельзя считать вполне верным. Значение репутации каждого объекта глобально (оно одинаково для всех пользователей), в то время, как значение доверия персонально (каждый субъект формирует своё значение доверия по отношению к каждому объекту).

Также, к различиям в расчётах доверия и репутации следует отнести следующее.

Во-первых, доверие, как правило, является более "общим" понятием, которое выводится на основании многих субъективных и объективных знаний, в то время, как репутация рассчитывается исходя исключительно из объективных знаний об объекте (поведение при конкретных событиях, транзакциях).

Во-вторых, для понятия доверия существенным является свойство транзитивности. Репутация, подразумевающая одинаковое глобальное значение для всех субъектов, не имеет такого свойства.

Обобщая всё вышесказанное, можно заключить, что репутация - это статистическая характеристика объекта, в то время, как доверие является субъективным отношением к нему.

Источниками информации для расчёта репутации обычно выступают непосредственный опыт субъекта, косвенная (от свидетелей) или социологическая информация [3].



Эффективность расчёта параметра репутации определяется тремя обязательными правилами:

- продолжительность жизни оцениваемого объекта (в случае, если на каждый сеанс общения вырабатывается новый объект, невозможно использовать накопленные знания о нём);
- своевременность оценки текущих взаимодействий (значение параметра репутации должно корректироваться в соответствии с новым полученным знанием об объекте);
- накопление знаний об объекте (оценки предыдущих взаимодействий должны учитываться при общей оценке репутации, если они вообще были получены).

Немаловажной составляющей доверия является среда взаимодействия участников, в которой реализуются механизмы репутации и доверия. В виду того, что методики оценки доверия решают в первую очередь технические задачи, в качестве среды взаимодействия обычно рассматриваются электронные рынки, пиринговые сети, каналы передачи данных и т.д.

По своей сути, основной характеристикой среды взаимодействия является надёжность выбранного канала взаимодействия (отсутствие возможности искажения, раскрытия конфиденциальности и отказа доступа к информации). Вместе с тем, в большинстве существующих методов оценки доверия среда взаимодействия рассматривается, как контекст для выбора той или иной модели.

Однако, контекстная зависимость имеет более широкую сферу применения. Она определяет предметную область, в которой будет происходить оценка. Существуют и многоконтекстные модели, в которых каждому пользователю ставится в соответствие несколько различных моделей доверия, что значительно усложняет производимую оценку доверия. В связи с этим, большинство моделей доверия работает в одноконтекстном режиме и рассматривает ограниченные, конкретные задачи.

#### **Анализ существующих базовых формальных подходов к оценке доверия**

Среди множества существующих вычислительных моделей (метрик) оценки доверия можно выделить примитивные или базовые модели, отвечающие основным требованиям к расчёту значений доверия.

Существующие базовые системы, используют по отдельности такие механизмы, как:

- взятие среднего арифметического значения репутации, без дальнейшего расчёта доверия (eBay);
- расчёт доверия в диапазоне  $(-1; 1)$ , с учётом невозможности достижения крайних значений (Marsh);
- использование понятия риска на основе таких понятий, как субъективная полезность и важность ситуации (Marsh);



- введение понятия порога доверия, когда возможность доверия зависит от некоторого минимально допустимого значения, при дополнительном введении понятия взаимности, влияющем на расчётное значение доверия (Marsh);
- обязательное введение априори доверенных объектов - ядра доверия, влияющего на последующее формирование цепей (поток) доверенных объектов (Advogato Trust Metric) [4].

Все указанные механизмы являются очевидно целесообразными и активно развиваются (Marsh) [4]. Однако, необходимо отметить тот факт, что использование этих механизмов может быть гораздо более объективным и точным при их использовании в совокупности. Так указанный ранее Marsh не учитывает расчёта репутации, а Advogato Trust Metric нуждается в обязательном выборе непоколебимо доверенных объектов, что продиктовано его целевым применением в социальных сетях и блогах для защиты от спама и нежелательных сообщений.

#### **Литература**

1. Полянская О.Ю. Инфраструктуры открытых ключей: учебное пособие / О.Ю. Полянская, В.С. Горбатов. – М.: Издательство «Открытые системы», 2007. – 370 с.
2. Сабанов А.Г. Требования к системам аутентификации по уровням строгости / А.Г. Сабанов, А.А. Шелупанов, Р.В. Мещеряков. - Ползуновский Вестник №2/1 2012 – С. 61-67
3. Черёмушкин А.В. Криптографические протоколы. Основные свойства и уязвимости: учебное пособие – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 272 с.
4. Marsh S. Formalising Trust as a Computational Concept. 1994. Ph.D. dissertation, University of Stirling.

И.М. Янников<sup>1</sup>, М.В. Телегина<sup>1</sup>, В.А. Куделькин<sup>2</sup>

#### **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОХРАНЫ СИСТЕМ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ**

(<sup>1</sup>Ижевский государственный технический университет имени  
М.Т. Калашникова, г. Ижевск, <sup>2</sup>Консорциум «Интегра-С», г. Самара)

В настоящее время тенденции развития современных систем физической защиты (СФЗ) критически важных для национальной безопасности (КВО) и потенциально опасных объектов (ПОО) связаны с использованием новейших разработок технических средств контроля и охраны и переходом к интегрированным системам безопасности, представляющим собой сложные территориально распределённые автоматизированные системы сбора и обработки информации



о состоянии охраняемого объекта сопряжённые с необходимыми организационно-управленческими мероприятиями по охране и реагированию [1-3].

Поскольку нарушение физической безопасности объектов обычно готовится заблаговременно с упором на имеющиеся структурные и иные недостатки в системе защиты, то разработка методов оценки состояния защищенности КВО, ПОО в автоматизированном режиме крайне важна для оперативного реагирования системы защиты на нарушение режима безопасности с целью автоматического анализа ситуации и немедленного реагирования. Вышеуказанные тенденции построения современных систем физической защиты критически важных и потенциально опасных объектов учтены при разработке модели СФЗ в рамках комплексной системы безопасности КВО, ПОО (рис. 1).

Комплекс инженерно-технических средств охраны (ИТСО) определяется для каждого конкретного объекта и состоит из технических и инженерных средств охраны. Как известно, к техническим средствам физической защиты относятся [4]:

- средства охранной сигнализации служебных помещений и периметра;
- средства контроля прохода (доступа), установленные на КПП и объектах охраны;
- средства наблюдения за периметрами охраняемых зон и объектами охраны;
- средства специальной связи (в том числе — экстренной);
- средства обнаружения проноса (провоза) запрещенных средств, (в том числе носителей конфиденциальной информации);
- средства систем жизнеобеспечения (электропитания, освещения и др.).

На основе указанных общих классификационных признаков СФЗ, а также факторов, определяющих условия их применения были сформированы группы ключевых характеристик данных средств. К таковым характеристикам относятся рыночные, основные и дополнительные технические характеристики, характеристики помехоустойчивости и параметры установки, при которых обеспечиваются заданные характеристики и функциональность с наибольшей эффективностью [5].

Предлагаемая автоматизированная система контроля обслуживания технических средств охраны систем физической защиты выполняет следующие функции: формирование карт регламентных работ; мониторинг технического оборудования; контроль состояния оборудования по технической документации; контроль обслуживания серверного оборудования. Разработанная схема работы системы показывает, как обеспечивается автоматизация контроля обслуживания технических средств СФЗ объектов (рис. 2).

В системе контроля технического обслуживания оборудования, по графикам проведения технического обслуживания, формируется карта регламентных работ. По результатам работы системы мониторинга оборудования, возможен внеплановый запрос на соответствующее техническое обслуживание. Контроль обслуживания серверного оборудования можно осуществить обнаружением фактов уменьшения температуры компонентов, оборотов вентиляторов, стабилизация питающих напряжений и т.д.

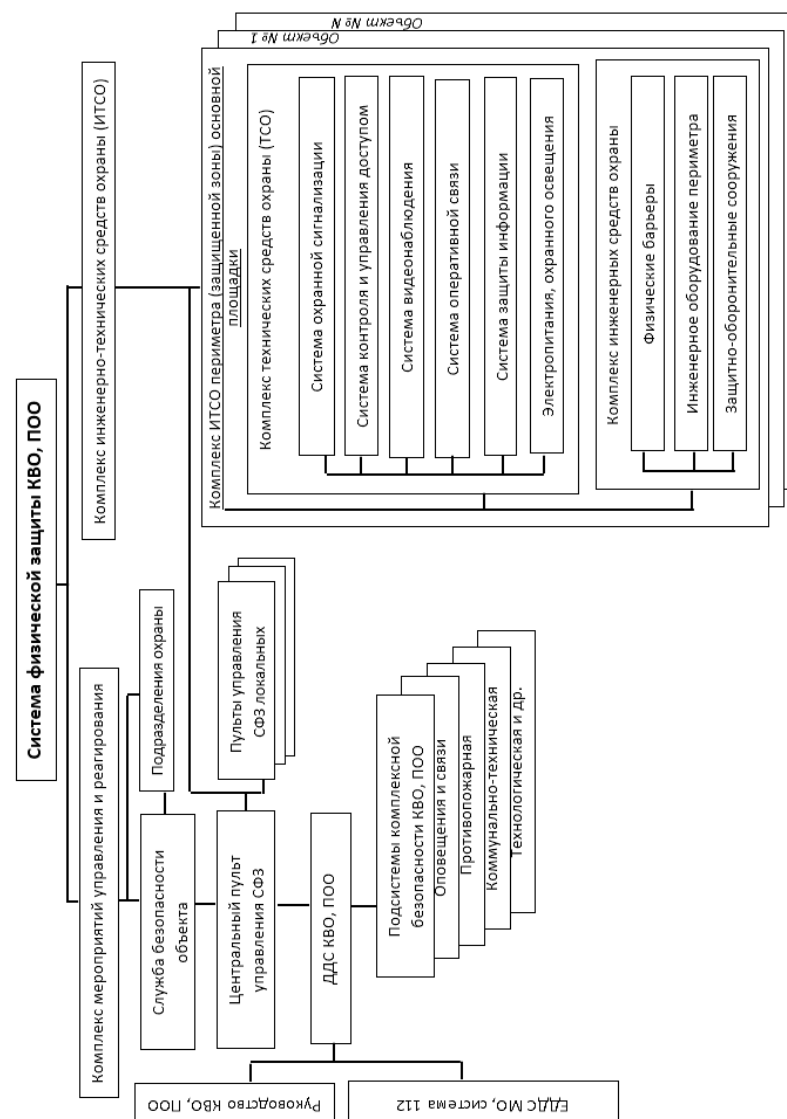


Рис. 1. Структурная модель системы физической защиты объектов





Рис. 2. Структурная схема работы программы

Для автоматизированного получения информации о необходимости технического обслуживания технических средств охраны конкретных СФЗ необходимо получить информацию о сбоях и срабатывании датчиков СФЗ, руководствоваться требованиями нормативной документации и руководства пользователя, а также соблюдать график проведения обслуживания технических средств. Информация о состоянии технических средств СФЗ попадает в базу программы, где по графику осуществляется проверка поступивших данных с



параметрами эталонных показателей. Далее формируется карта регламентных работ и рекомендации о необходимости обслуживания.

В предлагаемой программе используется архитектура клиент-сервер. Разработано три приложения: сервер, клиент и приложение, которое генерирует файлы с показаниями объектов. В качестве показаний объектов используются температура объекта, скорость вращения вентилятора на объекте и напряжение питания.

Для идентификации клиентов используется персональный идентификатор клиента, который задается на клиентской стороне. Сервер обрабатывает три запроса от клиентского приложения: подключение и отключение клиента, и результат проверки параметров. В случае, если результат проверки параметров отрицательный, сервер помещает в специальную очередь информацию об объектах, требующих ремонт. Эта информация представляет собой идентификатор объекта и его параметры до ремонта. Так же на сервере существует расписание запланированных ремонтных работ для объекта.

Полностью разработанный комплекс содержит три приложения: FileGen, SensorAnalyzer и Server.

FileGen–генерирует файл с параметрами для выбранного технического средства охраны. В зависимости от его типа изменяется число параметров. Значение эталонных параметров можно посмотреть в БД, которая лежит рядом с исполняемым файлом на сервере, в таблице std\_params (рис. 4).

| ID | Type  | Params_cnt | Params        |
|----|-------|------------|---------------|
| 1  | CTBC  | 2          | <40><0,8>     |
| 2  | СЭНОО | 3          | <120><50><75, |

Рис. 4. Таблица значений с эталонными параметрами

SensorAnalyzer– клиентская часть приложения, которая раз в минуту отправляет параметры из файла на сервер. Server – непосредственно серверная часть разработанной системы. Окно генерации файлов изображено на рис. 5.

В настоящее время многие предприятия нуждаются в автоматизированном простом и быстром средстве контроля технического обслуживания. Предлагаемая «Автоматизированная система контроля обслуживания технических средств охраны систем физической защиты КВО, ПОО», при соответствующем заполнении базы данных может использоваться для контроля состояния технических средств охраны самых любых предприятий, что существенно повысит качество и скорость обслуживания технических средств.

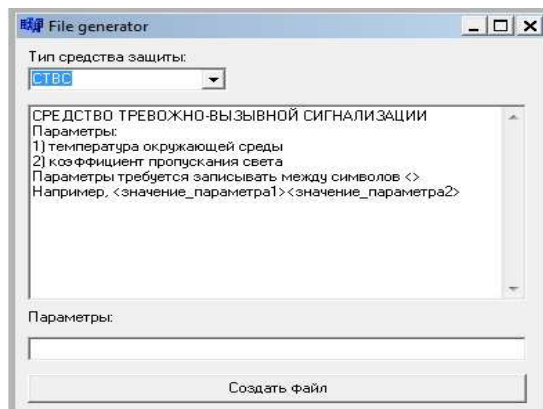


Рис. 5. Генератор файлов

### Литература

1. Куделькин В.А., Янников И.М. Структурная схема интеллектуальной интегрированной системы безопасности потенциально опасных объектов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Том 17, №6(2), – 2015. – С. 726 – 728.
2. Куделькин В.А., Янников И.М. Алгоритм функционирования интеллектуальной интегрированной системы безопасности потенциально опасных объектов // Интеллектуальные системы в производстве № 3 (27) - Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2015. – С. 73 - 76.
3. Янников И.М., Куделькин В.А., Соболева Н.В. Функциональная модель интеллектуальной интегрированной системы безопасности потенциально опасных объектов // Интеллектуальные системы в производстве № 3 (27) - Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2015. – С. 77 - 82.
4. Организация охраны предприятия и физической защиты его объектов <http://bezopasnik.org/article/14.htm> (Дата обращения: 18.01.2016)
5. Н. В. Давидюк, С. В. Белов Формирование множества характеристик технических средств обнаружения, влияющих на задачу их выбора // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2009. № 2. – С.110-113.



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

Ю.С. Артамонов

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОСТУПНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ КЛАСТЕРА ПРИ ПОМОЩИ МОДЕЛИ EMMSP

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

В области научных вычислений остро стоит вопрос эффективности использования вычислительных ресурсов, поскольку сами ресурсы находятся в дефиците, а исследователи конкурируют за доступ к наиболее производительным окружениям. Под окружением понимается программно-аппаратный комплекс: совокупность физических ЭВМ, каналов связи, периферийных устройств и ПО, необходимого для работы системы. Нередко разработчикам проекта доступно не одно окружение для запуска вычислительных задач, а несколько. В этой ситуации важно грамотно выбрать окружение, в котором вычисления будут завершены как можно раньше.

Подавляющее большинство современных кластеров и суперкомпьютеров используют пакетные системы для запуска задач, а это значит, что каждая задача перед своим запуском проходит через очередь пакетной системы. Время выполнения вычислений в различных окружениях может быть сравнимым, если сами окружения имеют схожую производительность, но время, которое проводит задача в очереди, может отличаться очень сильно, поскольку оно зависит от загруженности окружения и количества запускаемых задач [1]. Кроме того, время ожидания задачи в очереди может быть непредсказуемо для некоторых применяемых политик планирования задач.

Для прогнозирования объёма доступных ресурсов требуются данные о загруженности вычислительных ресурсов и о профиле использования. Под профилем использования понимается набор особенностей окружения, он может быть представлен историческими данными загрузки ресурсов [2]. При прогнозировании следует принять во внимание как большой массив исторических данных по исполнению задач, так и тренд загрузки ресурсов.

### Модель прогнозирования EMMSP

Пусть задан временной ряд  $Z(t) = Z(1), Z(2), \dots, Z(T)$ . Набор последовательных значений  $Z_t^M = Z(t), Z(t+1), \dots, Z(t+M-1)$ , лежащий внутри исходного временного ряда, назовём выборкой длины  $M$  с моментом начала отсчёта  $t$ ;



$M \in \{1, 2, \dots, T\}$ ,  $t \in \{1, 2, \dots, T - M + 1\}$ . Две выборки одинаковой длины, принадлежащие одному временному ряду, свяжем через параметр временной задержки  $k$ :  $Z_t^M = Z(t), \dots, Z(t + M - 1)$  и  $Z_{t-k}^M = Z(t - k), \dots, Z(t - k + M - 1)$ ;  $k \in \{1, 2, \dots, t - 1\}$ . В работе [3] сформулировано ключевое свойство выборок, позволяющее прогнозировать значения временных рядов по известным выборкам: фактические выборки временного ряда могут иметь подобие с будущими выборками.

Подобием двух выборок назовём их свойство, заключающееся в том, что одна выборка может быть выражена через другую с помощью линейной зависимости  $Z_t^M = \alpha_1 Z_{t-k}^M + \alpha_0 I^M + E^M$ . Здесь  $\alpha_1$  и  $\alpha_0$  – коэффициенты,  $I^M$  – единичный вектор,  $E^M$  – вектор ошибок аппроксимации. Подобие выборок и его применение для прогнозирования временных рядов рассмотрено в работе [4], где автор приводит модель экстраполяции временных рядов по выборке максимального подобия (extrapolation model on most similar pattern, далее EMSP).

Особенности модели EMSP:

- модель относится к классу авторегрессионных моделей прогнозирования;
- модель работает со стационарными и нестационарными временными рядами;
- модель имеет один параметр  $M$ ;
- экстраполяция значений временного ряда производится за одну итерацию;

Для применения модели EMSP должны выполняться условия:

- временной ряд равноотстоящий (значения процесса фиксируются через равные интервалы времени);
- временной ряд относится к классу рядов с длинной памятью;
- задача прогнозирования на  $P$  значений вперёд относится к классу краткосрочного или среднесрочного прогнозирования данного типа временного ряда;
- длина исходного временного ряда составляет не менее  $500P - 700P$ , где  $P$  – количество точек прогноза.

#### Применение модели EMSP для прогнозирования загрузки ресурсов кластера «Сергей Королёв»

В рамках веб-сервиса Templet [5] мы собрали статистику исполнения задач на кластере «Сергей Королёв» с ноября 2013 г. по март 2016 г.

Мы опробовали модель EMSP на данных по загрузке вычислительных ресурсов кластера. Модель работает недостаточно хорошо, чтобы применять её одну и даёт среднюю абсолютную ошибку ~10 узлов при максимальном числе узлов в группе – 70. Эту модель можно применять в комбинации с наивным прогнозом путём сдвига текущих значений ряда. Комбинацию моделей можно построить по эмпирическому правилу: если значение множителя подобия выборки  $\alpha$  выходит за границы отрезка  $[0, 3.0]$ , то использовать сдвиг. На рисунке 1 представлен график загрузки узлов с фактическими (сплошная линия) и прогнозными (пунктирная линия) значениями для прогноза на 12 часов вперёд (12 значений, по одному в час). Пример участка, на котором лучший результат показывает модель прогнозирования по выборке наибольшего подобия, помечен



как EMMSP, а пример участка, на котором выполняется сдвиг, помечен как SHIFT.

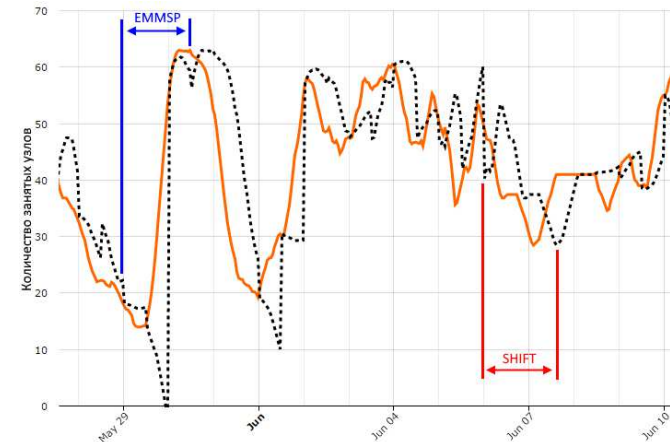


Рисунок 1 – Прогноз загрузки ресурсов кластера «Сергей Королёв»

По результатам тестирования модели мы можем сделать вывод о том, что модель хорошо себя показывает только на некоторых участках и её можно применять в комбинациях моделей путём адаптивной селекции или композиции [6].

Алгоритм прогнозирования будет интегрирован в сервис Templet Web, чтобы дать пользователям возможность оценить время запуска задачи.

#### Применение результатов прогнозирования

Результаты прогнозирования доступных ресурсов и момента запуска отдельных задач можно применять для решения задач планирования:

- выбор окружения для запуска задачи пользователя: обеспечить быстрый запуск, если задача интерактивная, или быстрое получение результатов;
- построение плана размещения компонентов распределённого приложения, если требуется построить распределённый конвейер вычислений;
- оптимизация параметров запуска и объёмов входных данных для минимизации общего времени обработки;
- снижение энергопотребления кластеров и центров обработки данных, когда ресурсы не используются;
- планирование увеличения парка серверов для облачных окружений, если загрузка ресурсов облака постоянно растёт.

С развитием облачных технологий вопросы энергоэффективности ресурсов выходят на первый план. Прогноз загрузки вычислительных ресурсов облака позволил бы отключать некоторое количество неиспользуемых ресурсов и сообщил бы о необходимости пополнения парка машин в случае роста загрузки.



### Литература

1. Nurmi, D. QBETS: Queue Bounds Estimation from Time Series [Текст] / D. Nurmi, J. Brevik, R. Wolski // JSSPP 2007. LNCS, vol. 4942 Springer, Heidelberg. – 2008. – С. 76 - 101.
2. Brevik, J. Predicting Bounds on Queuing Delay for Batch-Scheduled Parallel Machines [Текст] / J. Brevik, D. Nurmi, R. Wolski // PPOPP 2006: Proceedings of the Eleventh ACM SIGPLAN Symposium on Principles and Practice of Parallel Programming. – 2006. – С. 110 - 118.
3. Fernandez-Rodriguez, F. Nearest-Neighbour Predictions in Foreign Exchange Markets / F. Fernandez-Rodriguez, S. Sosvilla-Rivero, J. Andrada-Felix // Fundacion de Estudios de Economia Aplicada [Электронный ресурс]. – 2002, No.5. 36 p. URL: <http://documentos.fedea.net/pubs/dt/2002/dt-2002-05.pdf> (дата обращения 21.02.2016)
4. Чучуева, И.А. Модель прогнозирования временных рядов по выборке максимального подбора [Текст] / И.А. Чучуева // Дисс. на соиск. уч. ст. к. т. н., Москва. – 2012. – 155 с.
5. Артамонов, Ю.С. Применение облачного сервиса Templet Web при проведении лабораторных практикумов на суперкомпьютере «Сергей Королев» [Текст] / Ю.С. Артамонов, С.В. Востокин // X Международная научно-практическая конференция «Современные информационные технологии и ИТ-образование», МГУ, Москва, 2015. Том 2. – С. 409 - 414.
6. Лукашин, Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов [Текст] / Ю.П. Лукашин – Москва: Финансы и статистика, 2003 – 415 с.

И.П. Болодурина, Д.И. Парфёнов

### СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ ПРОГРАММНО-УПРАВЛЯЕМОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ВИРТУАЛЬНОГО ЦОД

(Оренбургский государственный университет)

В настоящее время, проблема эффективного использования вычислительных ресурсов в центрах обработки данных (ЦОД) является актуальной задачей. Современные коммуникационные технологии создали среду для многих критически важных бизнес-приложений и сервисов на основе облачных вычислений. В этой статье мы остановимся на вопросе моделирования инфраструктуры виртуальных центров обработки данных. В основе современных виртуальных ЦОД используется программно-конфигурируемая инфраструктура (SDI), на базе которой разворачиваются облачные приложения и сервисы по схемам IaaS и PaaS с использованием программно-конфигурируемой сети (SDN) [1-3]. Модель будет использована в дальнейшем для создания эффективных алгоритмов управления виртуальными ЦОД, включая алгоритмы планирования работы вирту-



альных машин, облачных приложений и сервисов, а также реконфигурации маршрутов сетевого трафика.

На рисунке 1 представлены уровневая схема программно-управляемой инфраструктуры виртуального ЦОД.

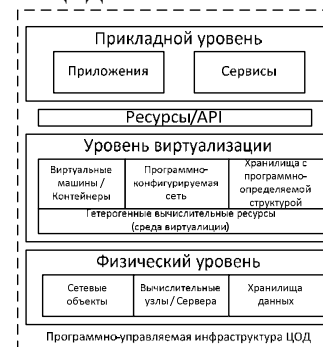


Рис. 1. Уровневая схема программно-управляемой инфраструктуры виртуального ЦОД

Основой структурной модели является программно-конфигурируемая сеть, которая может быть представлена в виде взвешенного ориентированного мультиграфа:

$$SDN = (Nodes, Links), \quad (1)$$

где  $Nodes = \{Node_i\}_{i=1, N}$  – множество сетевых устройств (узлов / серверов / и т.д.);  $Links = \{Link_j\}_{j=1, M}$  – множество дуг, представляющих собой сетевое соединение. Каждое сетевое устройство характеризуется следующим кортежем:

$$Node_i = (L_i, P, C, M, T) \quad (2)$$

где  $L_i$  – множество дуг, исходящих из вершины;  $P: L_i \rightarrow Z^+ \cup \{0\}$  – функция, которая характеризует текущую задержку для каждой дуги;  $C: L_i \rightarrow Z^+ \cup \{0\}$  – пропускная способность;  $M: L_i \rightarrow Z^+ \cup \{0\}$  – максимальная пропускная способность;  $T \in \{host, switch\}$  – тип устройства.

Структурная модель программно-конфигурируемые инфраструктуры ЦОД может быть определена как направленный мультиграф:

$$SDI = (Seg, Connect(t)), \quad (3)$$

где вершины графа  $Seg = \{Seg_1, Seg_2, \dots, Seg_s\}$  – множество сетевых сегментов ЦОД; дуги графа  $Connect(t) = \{(Seg_i, Seg_j)\}$  – направленная связь между сегментами.

Сегмент  $Seg_k \in Seg$  программно-конфигурируемые инфраструктуры ЦОД представим в виде взвешенного неориентированного мультиграфа:

$$Seg_k = (Devices_k, Links_k, Flows_k(t)). \quad (4)$$

Вершины графа являются разбиением множества:

$$Devices_k = Nodes_k \cup Switches_k \quad (5)$$



где  $Nodes_k = \{Node_{k1}, Node_{k2}, \dots, Node_{kn_k}\}$  – набор вычислительных узлов;

$Switches_k = \{Switch_{k1}, Switch_{k2}, \dots, Switch_{km_k}\}$  – сетевые элементы;

Вычислительные узлы  $Node_{ki} \in Nodes_k$  включают в себя разбиение на множества:

$$Node_{ki} = VM_k \cup C_k \cup GW_k \cup B_k \cup Stg_k \quad (6)$$

где  $VM_k = \{VM_{k1}, VM_{k2}, \dots, VM_{kn_k}\}$  – виртуальные машины;

$C_k = \{C_{k1}, C_{k2}, \dots, C_{kn_k}\}$  – контролеры OpenFlow;

$GW_k = \{GW_{k1}, GW_{k2}, \dots, GW_{kn_k}\}$  – шлюзы;

$B_k = \{B_{k1}, B_{k2}, \dots, B_{kn_k}\}$  – балансиры OpenFlow;

$Stg_k = \{Stg_{k1}, Stg_{k2}, \dots, Stg_{kn_k}\}$  – хранилища данных (NAS/SAN).

Ребра мультиграфа  $Links_k = \{(p_{ki}, p_{kj})\}$  это двусторонний сетевые соединения между портами сетевого устройства.

Каждый вычислительный узел  $Node_{ki} \in Nodes_k$  имеет следующие параметры и динамические характеристики:

$$Node_{ki} = (M_{ki}, D_{ki}, Core_{ki}, S_{ki}, m_{ki}(t), d_{ki}(t), s_{ki}^{node}(t)) \quad (7)$$

$M_{ki} \in N$  и  $D_{ki} \in N$  – соответственно размер оперативной памяти (Мб) и емкость диска (Мб);  $Core_{ki} \in N$  – число вычислительных ядер;  $S_{ki} \in R^+$  – производительность ядер;  $m_{ki}(t) \in [0, 1]$  и  $d_{ki}(t) \in [0, 1]$  – время отклика;  $s_{ki}^{node}(t) \in \{"online", "offline"\}$  – состояние узла.

На каждом вычислительном узле есть очередь задач  $Q_{kij}^{node}(t) = \{Q_{kij}^{node}(t)\}$ . Она используется для обеспечения QoS в соответствии с минимальной гарантированной пропускной способностью и максимальной задержкой для данной сети.

Для размещения данных в программно-конфигурируемой инфраструктуре используется особый тип хранилища с программно-определяемой структурой (SDS) [4]. Новая парадигма хранения позволяет задавать тип и структуру размещаемых данных. Размещаемые в хранилище данные можно представить в виде структуры

$$Data = (TypeS, TypeD, RDisk), \quad (8)$$

где  $TypeS \in N$  – способ размещения;  $TypeD \in N$  – вид физического устройства;  $RDisk \in N$  – физическое устройство хранения.

Каждый сегмент виртуального ЦОД  $Seg_k$  имеет хранилище  $Stg_{ki} \in Stg_k$  со следующими параметрами и динамическими характеристиками:

$$Stg_{ki} = (MaxV_{ki}, P_{ki}^{sig}, Vol_{ki}(t), \bar{R}_{ki}(t), \bar{W}_{ki}(t), s_{ki}^{sig}(t)), \quad (9)$$

где  $MaxV_{ki} \in N$  – максимальная емкость для хранения (Mb);  $P_{ki}^{sig} = \{p_{kij}^{sig}\}_j$  – множество сетевых портов;  $Vol_{ki}(t) \in N \cup \{0\}$  – доступный объем для хранения



в Мб;  $\bar{R}_{ki}(t)$  и  $\bar{W}_{ki}(t)$  – скорость чтения и записи;  $s_{ki}^{sig}(t) \in \{"online", "offline"\}$  – состояние.

Каждый сегмент виртуального ЦОД  $Seg_k$  имеет хранилище  $Stg_{ki} \in Stg_k$  со следующими параметрами и динамическими характеристиками:

$$Stg_{ki} = (MaxV_{ki}, P_{ki}^{sig}, Vol_{ki}(t), \bar{R}_{ki}(t), \bar{W}_{ki}(t), s_{ki}^{sig}(t)), \quad (10)$$

где  $MaxV_{ki} \in N$  – максимальная емкость для хранения (Mb);  $P_{ki}^{sig} = \{p_{kij}^{sig}\}_j$  – множество сетевых портов;  $Vol_{ki}(t) \in N \cup \{0\}$  – доступный объем для хранения в Мб;  $\bar{R}_{ki}(t)$  и  $\bar{W}_{ki}(t)$  – скорость чтения и записи;  $s_{ki}^{sig}(t) \in \{"online", "offline"\}$  – состояние.

Хранилища с программно-определяемой структурой размещаются поверх физической инфраструктуры ЦОД в среде виртуализации. При этом его можно представить в виде структуры:

$$SoftStg = (VM, Lan, Stype, Dtype, RDisk(t), Vdisk), \quad (11)$$

где  $VM$  – виртуальная машина или сетевой контейнер,  $Lan$  – скорость доступа сетевого интерфейса,  $Stype$  – поддерживаемый способ размещения данных,  $Dtype$  – вид физического устройства, на которых будет размещаться виртуальная машина;  $RDisk(t)$  – конкретное физическое устройство, содержащее виртуальную машину в данный момент времени  $t$ ;  $Vdisk$  – общий объем хранилища данных.

Кроме перечисленных элементов в состав программно-управляемой инфраструктуры виртуального ЦОД входят облачные приложения и сервисы, размещаемые в виртуальных машинах и контейнерах.

Облачное приложение представляет собой взвешенный ориентированный ациклический граф зависимостей данных, в котором вершинами являются пользователи, виртуальные машины, объекты программно-конфигурируемого хранилища (БД, СХД) и прочие ресурсы, дуги – зависимости по данным между соответствующими вершинами. Каждая вершина – характеризуется предъявляемыми ресурсными требованиями (к количеству ядер, размерам оперативной и дисковой памяти, наличию специальных библиотек или оборудования на физических или виртуальных узлах, используемых для запуска процессов), количеством запускаемых процессов, оценкой времени выполнения. Оригинальность заключается в том, что дуга характеризуется типом доступа (доступ к файлу в СХД, к локальному файлу, к распределенной БД, к сервису данных), оценкой объемов передаваемых данных, требованиями к QoS.

Облачный сервис, как и облачное приложение, описывается в виде ориентированного графа зависимостей по данным, отличие заключается в том, что с точки зрения пользователя облачный сервис представляет собой закрытую систему. Также все его приложения распределены между виртуальными машинами или физическими серверами предустановленного набора, новые их экземпляры масштабируются динамически в зависимости от количества поступающих запросов на выполнение функции конкретного сервиса со стороны облачного



приложения, конечного пользователя или других облачных сервисов. Новизна последних двух моделей заключается в одновременном описании подзадач и источников данных разного типа с указанием направления и способа передачи данных.

Разработанная структурная модель позволяет описать основные элементы программно-управляемой инфраструктуры виртуального ЦОД.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (проекты № 16-37-60086 и № 16-07-01004).

### Литература

1. Bolodurina I., Parfenov D., Shukhman A. Approach to the effective controlling cloud computing resources in data centers for providing multimedia services // Proceedings of International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON), Omsk, Russia, 2015. pp.:1-6, DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147170
2. Полежаев П.Н., Ушаков Ю.А., Шухман А.Е. Система управления ресурсами для высокопроизводительных вычислений, основанная на использовании программно-конфигурируемой сети // "Системы управления и информационные технологии: научно-технический журнал", 2013. - №4(54). - С. 65-69.
3. Парфёнов, Д.И. Управление потоками данных в высоконагруженных информационных системах, построенных на базе облачных вычислений / Болодурина И.П., Парфёнов Д.И. // Системы управления и информационные технологии: научно-технический журнал. – 2015. - № 1.1. – С. 111-118.
4. Mishra M., Sahoo A. "On theory of VM placement: Anomalies in existing methodologies and their mitigation using a novel vector based approach" Cloud Computing (CLOUD), IEEE International Conference, 2011, Washington: IEEE Press, p.275-282.

Э.И. Ватулин, С.Ю. Валяев, В.С. Титов

### АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА СЛУЧАЙНОГО ПЕРЕБОРА ПРИ ПОСТРОЕНИИ РАЗБИЕНИЙ ГРАФ-СХЕМ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РАЗМЕРНОСТИ ЗАДАЧИ И СИЛЫ ОГРАНИЧЕНИЙ

(Юго-Западный государственный университет)

При проектировании цифровых устройств их структура традиционно делится на две части: операционную и управляющую. Операционная часть, как правило, включает в своем составе схемы, обеспечивающие обработку информации в соответствии с требованиями решаемой задачи, а управляющая обеспечивает координацию ее работы путем определения ее состояния в ходе получения вектора сигналов логических условий  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_p\}$  и выдачи сигналов микроопераций  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_q\}$  в соответствии с заданным алгоритмом



управления. Так, например, в качестве сигнала логического условия может служить единичное значение бинарного признака завершения работы одной из схем в составе операционной части [1], достижение счетчиком заданного значения и т.п.; управляющие сигналы обычно используются для фиксации значений в запоминающих элементах схемы (ОЗУ, триггерах и пр.). При проектировании относительно простых систем логического управления (СЛУ), ориентированных на реализацию небольших алгоритмов управления, производится разметка соответствующей граф-схемы, составление графа переходов и проектирование соответствующего управляющего автомата Мили или Мура [2]. Если же алгоритм логического управления  $G = \langle A, V \rangle$ , где  $A$  – множество его вершин,  $V$  – множество дуг, является комплексным и содержит большое количество вершин (как правило сотни), параллельные фрагменты, циклы различного вида (в том числе параллельные), то традиционный подход сталкивается с существенными трудностями. С целью их преодоления в [3–5] было предложено использование однородных многомодульных мультисистем, именуемых логическими мультиконтроллерами (ЛМК), включающих в своем составе определенное количество относительно простых логических контроллеров, каждый из которых может выполнять последовательный подалгоритм  $A_j \cap A, \bigcup_{i=1}^n A_i = A$ ,

" $i, j = \overline{1, H}, i \neq j: A_i \cap A_j = \emptyset$ " ограниченной сложности, являющейся частью исходного комплексного алгоритма управления  $G$ . Каждый контроллер в составе ЛМК имеет память микропрограмм ограниченной емкости  $W_{\max}$ , в которой хранится соответствующий подалгоритм  $A_j$ , и заданное число ножек (или портов ввода/вывода) для приема сигналов логических условий  $X_{\max}$  и выдачи сигналов микроопераций  $Y_{\max}$ . При обеспечении координации работы отдельных подалгоритмов, назначаемых на различные контроллеры в составе ЛМК, можно добиться выдачи логических условий, соответствующий заданному алгоритму управления  $G$ , т.е., другими словами, реализации СЛУ в базисе ЛМК. При этом возникает ряд задач дискретной комбинаторной оптимизации [6], связанных с разбиением заданного алгоритма управления на подалгоритмы (блоки разбиения) в соответствии с ограничениями базиса ЛМК [3–5], размещением полученных блоков в контроллерах, имеющих заданную топологию связей (например, матричную) [3], координацией параллельной работы модулей [3], оптимизацией структуры ЛМК [7] и пр.

В указанной работе рассматривается задача поиска субоптимального разбиения заданного алгоритма логического управления (ее подробное описание можно найти в монографиях [4–5]). При ее решении учитываются структурные и функциональные ограничения базиса ЛМК, к которым относятся соответственно емкость памяти контроллера  $W_{\max}$ , число ножек  $X_{\max}$  и  $Y_{\max}$  и требование отсутствия параллельных вершин в составе блоков разбиения (что вынуждает решать частную задачу классификации бинарных отношений вершин граф-схемы  $G$  [8]), и минимизируются значения множества показателей качества, к





которым относятся число блоков разбиения  $Z_H$ , степени дублирования сигналов логических условий и микроопераций  $Z_X$  и  $Z_Y$ , число межблочных связей по управлению  $Z_a$  и межконтроллерный трафик передач управления  $Z_d$ . Первые четыре показателя качества напрямую влияют на требования, предъявляемые к ЛМК (в первую очередь, на его аппаратную сложность и, как следствие, на массогабаритные параметры и требования к питанию и тепловыделению), последний определяет требования к организации коммуникационной подсистемы ЛМК (например, с использованием кольцевой или матричной топологии) и быстродействие СЛУ в целом. Путем взвешенного суммирования и нормировки частные показатели сводятся в интегральный показатель  $Z_j$  [9].

Задача поиска разбиения не может быть решена точно за приемлемое время ввиду того, что асимптотика числа решений характеризуется числом Белла  $B_N$ , где  $N = |A|$  – число вершин в составе граф-схемы  $G$ , поэтому для ее решения на практике применяются различные эвристические методы. В настоящее время в составе разработанной авторами программной среды PAE [10] для автоматизированного построения разбиений имеются программные реализации следующих методов: метода С.И. Баранова [11], реализующего классический жадный подход (сокр. В); его модификация с ограничением на смежную окрестность [12] (сокр. АВ); метода параллельно-последовательной декомпозиции [13], основанного на множестве эквивалентных преобразований исходной граф-схемы  $G$  (сокр. Р); и метода случайного перебора [14] (сокр. RS). Первые три метода являются последовательными и достаточно быстро синтезируют единственное решение, метод случайного перебора относится к итерационным и обеспечивает перебор заданного количества решений  $C$  с выбором наилучшего из них, что требует существенно больших затрат вычислительного времени.

Вычислительные эксперименты [15–16] с последовательными методами показали, что при различных значениях силы технологических ограничений и размерности решаемой задачи методы демонстрируют существенно различную степень минимизации показателей качества, поэтому для каждого конкретного случая их практического применения можно сформулировать рекомендации о том, эффективно или нет применять данный метод в данных условиях. Определение областей преимущественного использования методов является вычислительно сложной задачей ввиду того, что необходим анализ степени минимизации частных показателей качества, усредненных на выборках граф-схем параллельных алгоритмов логического управления с псевдослучайной структурой [17] объемом  $K = 5000$ , с расчетом их средневыворочных значений  $g_x$ ,  $x \in \{H, X, Y, a, d, J\}$  и вероятностей получения суб- или квазиоптимального решения  $g_x$  для множества точек, образующих двумерный срез пространства параметров  $(N, X_{\max}, Y_{\max}, W_{\max})$ . Ввиду слабой связности указанной задачи она может быть эффективно решена с использованием грид систем на добровольной основе (в настоящее время для этого используется проект Gerasim@Home на платформе BOINC [18]).



Ввиду ограничений на время вычислительных экспериментов, составившее до 80 часов на расчет одного задания (англ. Work Unit, сокр. WU), для метода случайного перебора было выбрано число итераций  $C = 10\,000$  для  $N \leq 100$  и  $C = 1000$  для  $100 < N \leq 200$ . В результате расчетов, выполненных на грид в период с июня 2014 по январь 2015 гг., и постобработки полученных результатов были получены результаты, использованные для анализа качества решений, получаемых методом случайного перебора. Как уже было отмечено ранее, наиболее показательным с позиции сравнения методов является сопоставление вероятностей  $g_x$  для решений, полученных с использованием различных методов. При этом возможно определение метода, для которого указанная величина максимальна, а соответствующая точка пространства параметров будет принадлежать к области преимущественного использования данного метода.

В результате обработки экспериментальных данных были получены следующие области преимущественного использования метода случайного перебора, соответствующие срезам  $(N, W_{\max})$ ,  $1 < N \leq 600$ ,  $4 \leq W_{\max} \leq 200$  (рис. 1) и  $(N, X_{\max})$ ,  $1 < N \leq 700$ ,  $3 \leq X_{\max} \leq 150$  (рис. 2) пространства параметров.

Анализ полученных результатов позволяет сделать вывод о том, что метод случайного перебора эффективен по всем параметрам качества, за исключением интенсивности межблочных взаимодействий  $Z_d$ , лишь при малой размерности задачи ( $N < 60 \div 70$ ). С ее ростом, несмотря на существенно меньшие затраты вычислительного времени, эффективными оказываются последовательные методы. В области сильных ( $X_{\max}, W_{\max} < 50$ ) ограничений метод случайного перебора демонстрирует рекордно низкое число блоков разбиения. В перспективе данная особенность может быть использована при совместном использовании последовательных и итерационных методов в соответствии со стратегиями ветвей и границ [19]: решение последовательного метода выступает в качестве начального значения рекорда и обеспечивает отсеечение неперспективных решений итерационного метода и, как следствие, экономию затрат вычислительного времени.

Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания для Юго-Западного государственного университета на 2014–2017 гг., номер НИР 2246, а также при поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых – кандидатов наук МК-9445.2016.8.

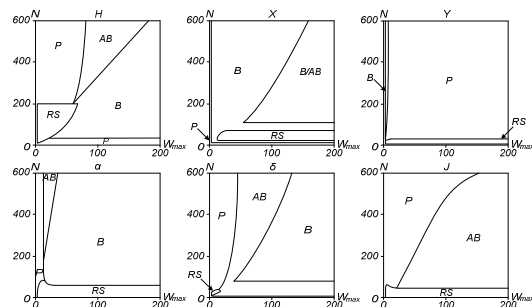


Рис. 1. Области преимущественного использования метода случайного перебора для среза ( $N, W_{\max}$ )

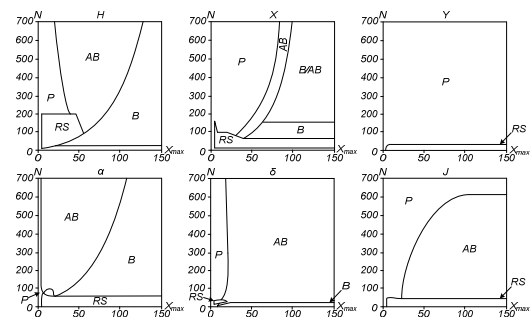


Рис. 2. Области преимущественного использования метода случайного перебора для среза ( $N, X_{\max}$ )

### Литература

1. Ватулин Э.И., Зотов И.В., Титов В.С. Акселератор для быстрого преобразования конструктивных подмножеств вершин параллельных алгоритмов // Параллельные вычисления и задачи управления (РАСО'10). М.: ИПУ РАН, 2010. С. 1301–1366.
2. Чернецкая И.Е. Теория автоматов. Курск, ЮЗГУ, 2011. 142 с.
3. Зотов И.В., Титов В.С. и др. Организация и синтез микропрограммных мультимикроконтроллеров. Курск: изд-во «Курск», 1999. 368 с.
4. Ватулин Э.И., Титов В.С. и др. Комбинаторно-логические задачи синтеза разбиений параллельных алгоритмов логического управления при проектировании логических мультиконтроллеров. Курск: КурскГТУ, 2010. 200 с.
5. Ватулин Э.И. Проектирование логических мультиконтроллеров. Синтез разбиений параллельных граф-схем алгоритмов. Saarbrücken: LAP, 2011. 292 с.



6. Ватулин Э.И., Титов В.С., Емельянов С.Г. Основы дискретной комбинаторной оптимизации. М.: АРГАМАК-МЕДИА, 2016. 270 с.
7. Ватулин Э.И., Титов В.С. Структурно-параметрическая оптимизация систем логического управления с использованием добровольных распределенных вычислений // Известия ЮЗГУ. Серия «Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение». 2012. № 2–1. С. 12–17.
8. Ватулин Э.И., Зотов И.В. Построение матрицы отношений в задаче оптимального разбиения параллельных управляющих алгоритмов // Известия КурскГТУ. Курск, 2004. № 2. С. 85–89.
9. Ватулин Э.И. Оценка качества разбиений параллельных управляющих алгоритмов на последовательные подалгоритмы с использованием весовой функции // Интеллект – 2005. Тула, 2005. С. 29–30.
10. Ватулин Э.И., Зотов И.В. Программная система для построения разбиений параллельных управляющих алгоритмов // Идентификация систем и задачи управления (SICPRO'06). М.: ИПУ РАН, 2006. С. 2239–2250.
11. Баранов С.И., Журавина Л.Н., Песчанский В.А. Обобщенный метод декомпозиции граф-схем алгоритмов // А и ВТ. 1982. № 5. С. 43–51.
12. Ватулин Э.И., Леонов М.Е. Использование смежной окрестности при жадном последовательном формировании блоков разбиения граф-схем параллельных алгоритмов // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2013. Т. 56. № 6. С. 30–35.
13. Ватулин Э.И., Зотов И.В. Метод формирования субоптимальных разбиений параллельных управляющих алгоритмов // Параллельные вычисления и задачи управления (РАСО'04). М.: ИПУ РАН, 2004. С. 884–917.
14. Ватулин Э.И., Колясников Д.В., Мартынов И.А., Титов В.С. Метод случайного перебора в задаче построения разбиений граф-схем параллельных алгоритмов // МППОС'14. Барнаул, 2014. С. 115–125.
15. Ватулин Э.И., Титов В.С. Анализ областей качественного превосходства последовательных эвристических методов синтеза разбиений при проектировании логических мультиконтроллеров // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. 2015. Т. 58. № 2. С. 115–122. DOI: 10.17586/0021-3454-2015-58-2-115-122.
16. Vatutin E.I., Valyaev S.Yu., Titov V.S. Comparison of Sequential Methods for Getting Separations of Parallel Logic Control Algorithms Using Volunteer Computing // CEUR Workshop Proceedings. Vol. 1502. Aachen, 2015. P. 37–51.
17. Vututin E.I. Constructing Random Sample Parallel Logic Control Algorithms // Baltic Olympiad on Automatic Control (BOAC'06). SPb, 2006. P. 162–166.
18. <http://gerasim.boinc.ru>
19. Land A.H., Doig A.G. An Automatic Method of Solving Discrete Programming Problems // Econometrica. Vol. 28. 1960. pp. 497–520. DOI: 10.2307/1910129.



Д.Г. Воротникова, Д.Л. Головашкин

## ВЕКТОРНЫЙ АЛГОРИТМ РАЗНОСТНОГО РЕШЕНИЯ ВОЛНОВОГО УРАВНЕНИЯ НА ГРАФИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОРАХ

(Институт систем обработки изображений РАН, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва)

### Введение

Разностное решение уравнений Максвелла (FDTD-метод [1]) на протяжении последних 15 лет является незаменимым инструментом математического моделирования в быстроразвивающихся областях естествознания, изучающих генерацию, распространение и прием электромагнитного излучения: нанофотоники [2], наноплазмоники [3], теории фотонных кристаллов [4] и др. Характеризуясь простотой программной реализации, общностью математической модели, естественностью подхода к ее решению, FDTD-метод вместе с тем известен высокой вычислительной сложностью, препятствующей его широкому распространению за пределами сообщества пользователей суперкомпьютерных вычислительных систем.

Решение указанной проблемы традиционно ищут в упрощении математической модели [1,5], либо в переходе к вычислениям на распространенных графических процессорах [1,6] (GPU). Настоящая работа посвящена комбинированному подходу, при котором разностное решение уравнение Даламбера реализуется на GPU серии GeForce компании NVidia.

### 1. Векторный алгоритм разностного решения волнового уравнения

Известны условия [7], при которых система уравнений Максвелла может быть сведена к одному скалярному уравнению Даламбера относительно выбранной проекции электрического либо магнитного полей. При их выполнении математическая модель для двумерного случая записывается в виде эллиптического уравнения

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = c^2 \left( \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} \right),$$
 где  $U(t,x,y)$  – упомянутая проекция, а

$c$  – скорость света (для простоты примем ее постоянной). Следуя [8] наложим на квадратную область вычислительного эксперимента  $D$  ( $0 \leq t \leq T$ ,  $0 \leq y \leq L$ ,  $0 \leq z \leq L$ ) сеточную область  $D_h$   $\{(t_k, y_i, z_j): t_k = k\tau, k=0, 1, \dots, K=T/\tau, y_i = ih, i=0, \dots, N+1=L/h, z_j = jh, j=0, \dots, N+1\}$ , определив на их границах условия Дирихле (электрическая стенка) и считая начальное условие известным. Тогда явная разностная схема для этого уравнения имеет вид [8]:

$$U_{i,j}^{k+1} = \alpha \left( U_{i,j-1}^k + U_{i-1,j}^k - 4U_{i,j}^k + U_{i+1,j}^k + U_{i,j+1}^k \right) + 2U_{i,j}^k - U_{i,j}^{k-1}, \alpha = \frac{c^2 \tau^2}{h^2}.$$



Составляя векторный алгоритм для реализации вычислений по ней на GPU, обратимся к приему из [9] (иллюстрированному там на примере уравнения теплопроводности) и основанному на построчном развертывании сеточной функции в вектор  $U^k = (U_{0,0}^k, U_{0,1}^k, \dots, U_{0,N+1}^k, U_{1,0}^k, \dots, U_{N+1,N}^k, U_{N+1,N+1}^k)$  и повторном использовании попарных сумм дифференциального шаблона. Тогда искомым векторным алгоритм в нотации Джина Голуба [10] может быть представлен в следующем виде:

% Заполнение вектора  $T$  попарными суммами:

1.  $T(2:N(N-1)) = U^k(2:N(N-1)) + U^k(N+1:N \times N-1)$  ;

% Подсчёт значений для следующего временного слоя  $U^{k+1}$ :

2.  $U^{k+1}(N+2:N(N-1)-1) = \alpha(T(2:N(N-2)-1) + T(N+3:N(N-2)+N+1)) + \alpha_1 U^k((N+2:N(N-1)-1) + U^{k-1}(N+2:N(N-1)-1))$ , где  $\alpha_1 = 2-4\alpha$ ;

3. Восстановление граничных значений.

Последнее действие необходимо в силу модификации значений сеточной функции на границе вычислительной области на втором шаге алгоритма.

Характеризуясь действиями с векторами, длиной пропорциональной  $N^2$ , приведенный алгоритм может считаться масштабируемым (загрузка ядер видеокарты происходит пропорционально общему количеству узлов сеточной области).

Программная реализация алгоритма на языке CUDA C сопровождалась отказом от работы с потоками (низкоуровневый стиль программирования) и использованием векторных процедур CublasSum (шаги 1,2) и CublasSaxpy (шаг 2) библиотеки CUBLAS, что позволяет говорить о переносимости кода на разные системные платформы (в отличие от конкурирующего программного продукта [6]).

### 2. Вычислительные эксперименты

В распоряжении авторов находился компьютер, оснащенный видеокартой NVIDIA GeForce GTX 660Ti и процессором Intel(R) Core(TM) i7-3770, работающих под управлением операционной системы Debian 7 и CUDA Toolkit 5.5.

Дискретизация сеточной области по времени задавалась 250 слоями, по пространству варьировалась от 10 до 1000 узлов с шагом 10. Выбранные параметры обеспечивали хорошую воспроизводимость результатов экспериментов (самый короткий длился несколько секунд), оберегая их от заметного воздействия различных системных событий.

Сравнению подлежали результаты, полученные с помощью пакета V-CALM Калифорнийского технологического университета [6], авторского алгоритма на основе канонического представления разностной схемы Йи для уравнений Максвелла [9] и алгоритма из настоящей работы. При этом вычислительная сложность (количество арифметических операций со скалярными величинами) во всех трех алгоритмах примерно (отличия не превышают 10%) одинакова, что позволяет говорить о проведенном (рис. 1) сравнении, как о корректном.

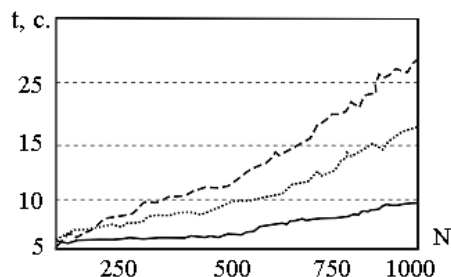


Рис. 1 Длительность вычислений по пакету B-CALM (пунктир), алгоритму на основе канонической формы для уравнений Максвелла (точки) и предложенному алгоритму (непрерывная кривая).

Отмечая более чем трехкратное превосходство предложенного алгоритма по сравнению с B-CALM и более чем двукратное по сравнению с предыдущей авторской разработкой, объясним эти отличия во-первых переходом к векторному представлению операций. Разработчики B-CALM работают с потоками, что, видимо, менее соответствует конвейерной архитектуре GPU. Во-вторых, повторным использованием сдвоенных сумм и переходом к другому типу векторных операций (от покомпонентного произведения векторов в [9] к *saхру*). Как известно [10], одна векторная операция типа *saхру* содержит больше скалярных операций, чем покомпонентное произведение.

#### Благодарности

Публикация подготовлена в рамках работ по гранту РФФИ № 14-07-00291 А.

#### Заключение

Программная реализация предложенного векторного алгоритма решения сеточных уравнений явной разностной схемы для дифференциального уравнения Даламбера позволила ускорить вычисления на видеопроцессоре по сравнению с известными авторам реализациями за счет перехода к использованию векторных нотации алгоритма и процедур библиотеки CUBLAS.

#### Литература

1. Taflove, A. Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method / A. Taflove, S. Hagness. ed. 3-d. – Boston: Artech House Publishers, 2005. – 852 p.
2. Дифракционная нанофотоника / под редакцией В.А. Сойфера. – М.: Физматлит, 2011. — 680 с.
3. Климов, В.В. Наноплазмоника/ В.В. Климов. – М.: Физматлит, 2010. — 480 с.
4. Lourtioz, J.-M. Photonic Crystals. Towards Nanoscale Photonic Devices/ J.-M. Lourtioz, H. Benisty, V. Berger, J.-M. Gerard, D. Maystre, A. Tchelekov. – Springer, 2008 514 p.



5. Козлова, Е.С. Моделирование распространения короткого двумерного импульса света / Е.С. Козлова, В.В. Котляр // Компьютерная оптика. – 2012. – Т. 36, No 2. – С. 158–164
6. Wahl, P. B-CALM: An open-source GPU-based 3D-FDTD with multi-pole dispersion for plasmonics / P. Wahl, D.-S. LyGagnon, Ch. Debaes, D.A.B. Miller, H. Thienpont // Optical and Quantum Electronics. – 2012. – Vol. 44. – P. 285-290.
7. Неганов, В.А. Линейная макроскопическая электродинамика. Том 1 / В.А.Неганов, С.Б.Раевский, Г.П.Яровой. – М: Радио и Связь, 2000. – 512 с.
8. Самарский, А.А. Теория разностных схем/ А.А. Самарский. – М.: Наука, 1977. — 656 с.
9. Воротникова, Д.Г. Алгоритмы с «длинными» векторами решения сеточных уравнений явных разностных схем / Д.Г. Воротникова, Д.Л. Головашкин // Компьютерная оптика. – 2015. – Т. 39, № 1. – С. 87-93.
10. Golub, G.H. Matrix Computations / G.H. Golub, Ch.F. Van Loan. – Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1989. – 747 p.

С.В. Востокин

#### ПРИМЕНЕНИЕ ПРЕДМЕТНЫХ ЯЗЫКОВ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Предметные языки (domain-specific language, DSL) широко применяются для автоматизации научных расчетов. Наиболее известные из них: MATLAB (векторные вычисления); Wolfram Language (комбинация символьной и численной математики); Maple (символьные вычисления); Mathcad (интерактивные вычисления, визуализация). Преимущество данных языков в предметной области численного моделирования состоит в том, что их синтаксис и семантика адаптированы к традиционной математической нотации, что существенно снижает трудоёмкость программирования.

Однако, если требуется оптимизация кода, что характерно для области высокопроизводительных научных вычислений, предметные языки уступают языкам общего назначения высокого уровня C/C++. Поэтому критичные к производительности части кода перечисленных выше предметных языков реализуются именно на языках C/C++.

Для ускоренной разработки программного обеспечения были предложены методики, позволяющие сочетать предметные языки и языки общего назначения в одном проекте [1,2]. В данной работе рассматривается применение этого подхода для автоматизации высокопроизводительных научных вычислений на базе облачного сервиса Templet Web [3].



Автоматизация программирования при составлении задачи в системе Templet Web основана на концепциях скелетного программирования [4,5], предметных языков и использовании специализированных визуальных редакторов предметных языков в составе интегрированной среды разработки (IDE).

В системе Templet Web используются несколько предметных языков для решения перечисленных ниже задач автоматизации научных вычислений:

- организации вычислений в парадигме «портфель задач» [6];
- применения акторной модели вычислений, реализованной в общей и распределённой памяти [7];
- ввода данных;
- вывода данных;
- вызова функций стандартных математических библиотек;
- описания серий экспериментов.

Для пояснения назначения предметных языков в системе Templet Web ниже приведён скелет программы параллельного умножения матриц в распределённой и разделяемой памяти. Под скелетом программы понимается проект на языке программирования высокого уровня (C/C++), который, в отличие от проекта программы на псевдокоде, компилируется.

Предметные языки в исследуемой технологии автоматизации используются, чтобы пояснить, что конкретно понимается под не полностью определёнными или неопределёнными объектами в проекте программы (её скелете). Информация, передаваемая на предметном языке, в дальнейшем применяется для автоматического преобразования скелета программы в исполняемый код.

```
const int N=10;
double a[N][N],b[N][N],c[N][N];

struct Result{
    void save(ostream&s){ s<<num;
        for(int j=0;j<N;j++)s<<c[num][j]; }
    void rest(istream&s){ s>>num;
        for(int j=0;j<N;j++)s>>c[num][j]; }
    int num;// номер вычисленной строки
};
struct Task{
    void save(ostream&s){ s<<num; }
    void rest(istream&s){ s>>num; }
    int num;// номер вычисляемой строки
};
void Proc(Task&t,Result&r){
    int i=t.num;// параллельное вычисление строки матрицы C
    for(int j=0;j<N;j++){
        c[i][j]=0.0;
        for(int k=0;k<N;k++)c[i][j]+=a[i][k]*b[k][j];
    }
    r.num=i;
}
struct Bag{
```



```
Bag(int argc, char* argv[]);
void run();
bool isTask(){return cur<N;}
void put(Result&){ }
void get(Task&t){t.num=cur++;}
int cur;//номер текущей строки в матрице C
};
int main(int argc, char* argv[])
{
    Bag bag(argc,argv);
    // инициализация
    input(a,b);
    bag.cur=0;
    // параллельное умножение матриц
    bag.run();
    // вывод результата параллельного умножения
    output(c);

    start_time();
    strassen(a,b,c); // теперь умножаем методом Штрассена
    end_time();
    return 0;
}
```

В приведённом примере структуры Result, Task, Bag и функция Proc являются составными частями реализации метода организации вычислений «портфель задач». Это указано в аннотации на предметном языке, которая сопровождает приведённый код скелета программы умножения матриц (форма описания скелетов на DSL в данной статье не приводится).

Описание скелета программы содержит способ именования составных элементов метода «портфель задач», способ реализации в общей или распределённой памяти, количество используемых узлов и/или потоков выполнения и другие детали.

Скелет программы также содержит неопределённые процедуры input, output для ввода и вывода данных. Аннотация на предметном языке описывает привязку этих процедур к имеющимся в системе Templet Web пользовательским интерфейсам ввода-вывода данных.

В коде скелета программы имеется неопределённая процедура strassen. Это ссылка на реализацию соответствующего алгоритма умножения матриц Штрассена. Пользователь на предметном языке в визуальном редакторе может выбрать конкретную библиотечную реализацию алгоритма. При этом ему не нужно знать сигнатуру реальной функции в библиотеке и детали связи с этой библиотекой. Аналогично можно сделать привязку к другим библиотечным процедурам. Например, в задаче анализа хаотического движения гироскопов [8] интересны разные варианты численного интегрирования пользовательских функций.

Предметный язык описания серий экспериментов в системе Templet Web предназначен для автоматического построения кода серии экспериментов из



программы для единичного эксперимента. Например, в коде скелета программы умножения матриц параметр  $N$  может изменяться в пределах, описанных на DSL. Также можно автоматически выполнять статистическую обработку результатов при замере производительности. Например, пара функций `start_time()`, `end_time()` может обозначать секцию кода с замером времени. Полученное в серии время можно автоматически усреднить, определить минимум и максимум, СКО, построить гистограмму функции распределения вероятности времени исполнения.

В текущей версии системы Templet Web, развёрнутой по адресу `templet.ssau.ru/templet` на базе вычислительного кластера «Сергей Королёв» СГАУ, в настоящее время поддерживаются предметный язык Templet и скелеты программ «портфель задач», «конвейер». В дальнейшем планируется развивать данную технологию на основе подсистемы интегрированной среды разработки (IDE), встроенной в сервис.

### Литература

1. Ward, M.P. Language-oriented programming // Software-Concepts and Tools, vol. 15, no. 4, pp. 147–161, 1994.
2. Dmitriev, S. Language oriented programming: The next programming paradigm // JetBrains onBoard, vol. 1, no. 2, pp. 1–13, 2004.
3. Артамонов, Ю.С. Применение облачного сервиса Templet Web при проведении лабораторных практикумов на суперкомпьютере «Сергей Королёв» [Текст] / Ю.С. Артамонов, С.В. Востокин // X Международная научно-практическая конференция «Современные информационные технологии и ИТ-образование», МГУ, Москва, 2015. Том 2. – С. 409 - 414.
4. Cole, M. Bringing skeletons out of the closet: a pragmatic manifesto for skeletal parallel programming // Parallel computing, vol. 30, no. 3, pp. 389–406, 2004.
5. González-Vélez, H. A survey of algorithmic skeleton frameworks: high-level structured parallel programming enablers / H. González-Vélez, M. Leyton // Software: Practice and Experience, vol. 40, no. 12, pp. 1135–1160, 2010.
6. Литвинов, В.Г. Разработка и применение вычислительной модели типовых решений. Пример использования «портфеля задач» для обучения нейронной сети HRBF // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. Науки, 3(36) (2014), 183–195.
7. Востокин, С.В. Templet: язык разметки для параллельного программирования // Известия Самарского научного центра РАН. Том 17, №2(5), 2015. С.947-955.
8. Востокин С.В. Программный комплекс анализа многомерных динамических систем и процессов на суперкомпьютере «Сергей Королёв» / С.В. Востокин, А.В. Дорошин, Ю.С. Артамонов, Ю.П. Назаров // Управление движением и навигация летательных аппаратов: сборник трудов XVI Всероссийского семинара по управлению движением и навигацией летательных аппаратов. - Самара: Издательство СНЦ РАН, 2013. - с.60-63.



Я.В. Голубева

## РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛГОРИТМОВ БАЛАНСИРОВКИ НАГРУЗКИ В ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ МЕТОДА ВЕТВЕЙ И ГРАНИЦ<sup>3</sup>

(Вычислительный центр им. А.А. Дородницына Федерального  
исследовательского центра «Информатика и управление»  
российской академии наук)

Одним из основных методов решения задач глобальной оптимизации является метод ветвей и границ [1]. Идея этого метода заключается в том, что множество допустимых решений разбивается на подмножества, и те подмножества (подзадачи), в которых оптимальных решений не существует, отбрасываются. Метод ветвей и границ имеет древовидную структуру, где вершины – это полученные в результате разбиений подзадачи (см. рис. 1). Вершина, отмеченная буквой Т – это отбрасываемая вершина, а вершины, отмеченные буквой К – это задачи-кандидаты, которые могут привести к оптимальному решению.

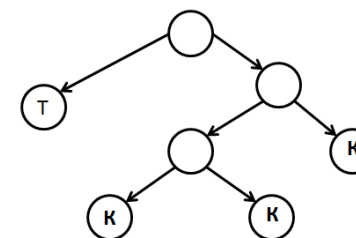


Рис. 1. Древовидная структура Метода ветвей и границ

Такая структура метода создает благоприятные условия для его параллельной реализации, так как поиск оптимальных решений в отдельных ветвях этого дерева может производиться независимо на разных вычислительных узлах. В то же время при параллельной реализации возникают определенные сложности. В частности, возникает проблема балансировки нагрузки. Она заключается в том, что невозможно статически равномерно распределить нагрузку между процессорами, так как дерево является неоднородным и его структура не известна заранее. Это может привести к тому, что в определенный момент времени одни процессоры уже закончат выполнять разветвления и будут простаивать, а другие всё еще будут продолжать решать выделенные им подзадачи.

<sup>3</sup> Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 16-07-00873 А и № 16-07-00458 А).





Таким образом, возникает задача балансировки нагрузки – перераспределения вычислительной нагрузки между параллельно работающими процессорами. Актуальность данной задачи подтверждается тем, что в современных вычислительных устройствах число процессоров растет, а чем больше процессоров – тем сложнее балансировать их нагрузку.

#### Алгоритмы балансировки нагрузки

В работах [2,3] рассмотрен достаточно простой алгоритм балансировки нагрузки. Балансировка нагрузки в этом алгоритме централизована, так как среди всех рабочих процессов (РП) выделен управляющий процесс (УП). На рис. 2 изображена упрощенная схема работы алгоритма.

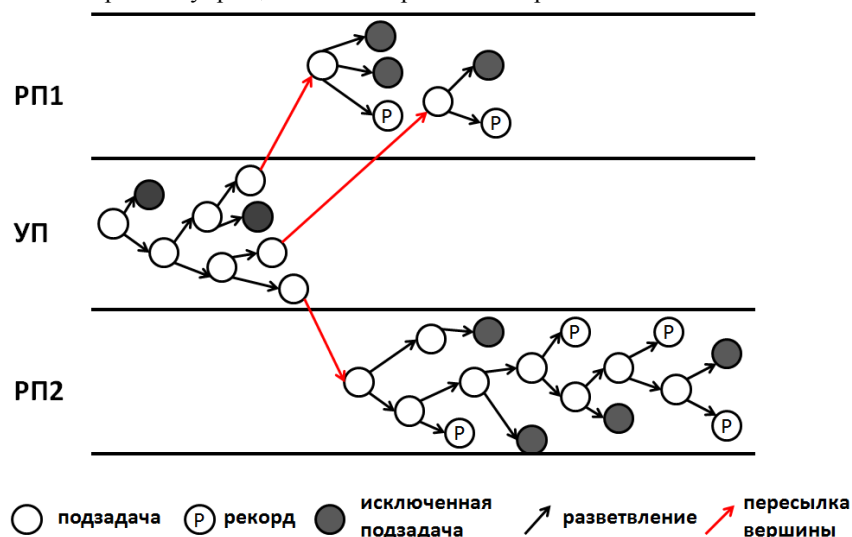


Рис. 2. Схема стандартного алгоритма балансировки нагрузки

На начальном этапе УП выполняет заданное количество разветвлений, генерируя некоторое количество подзадач, заведомо большее, чем количество рабочих процессов. Далее сгенерированные подзадачи распределяются между рабочими процессами, которые решают их до конца. Если рабочий процесс решил задачу, а на управляющем процессе еще имеются другие подзадачи – то освободившийся рабочий процесс получает новую подзадачу для решения. Полученные в процессе решений рекорды – наилучшие найденные решения – РП отправляет УП, который, сопоставляя полученные результаты, выбирает оптимальный.

Улучшенный вариант рассмотренного алгоритма – адаптивный алгоритм балансировки нагрузки в двух вариантах: с фиксированными и с изменяемыми параметрами.

Основное отличие адаптивного алгоритма заключается в том, что рабочий процесс выполняет заданное количество ветвлений (определяемое параметром



Т) и прерывается для того, чтобы отправить полученные рекорды и часть подзадач управляющему процессу, после чего продолжает выполнять ветвления, если у него осталась хотя бы одна подзадача.

На рис. 3 изображена упрощенная схема его работы.

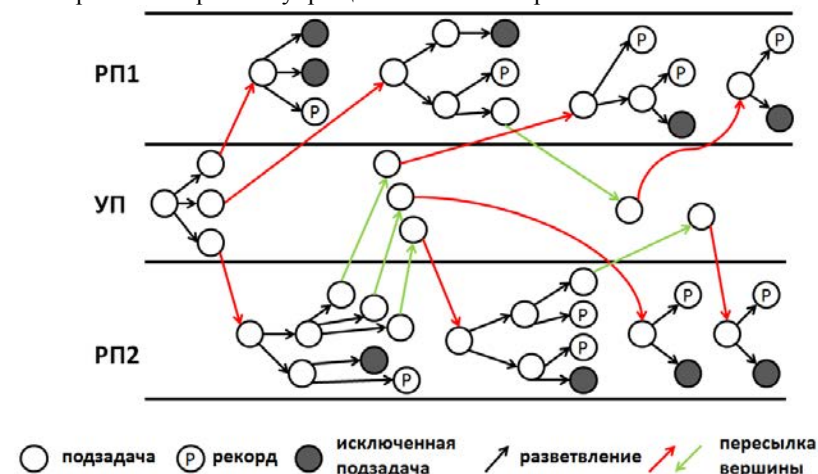


Рис. 3. Схема адаптивного алгоритма балансировки нагрузки

Таким образом, у управляющего процесса отпала необходимость делать большое количество ветвлений на этапе первоначальных итераций. Во избежание переполнения памяти УП число вершин на нем регулируется пороговыми значениями –  $M$  и  $m$  и управляющим параметром  $S$ , определяющим количество подзадач, отправляемых рабочими процессами управляющему процессу. Если на управляющем процессе число подзадач становится больше или равно  $M$  – то параметр  $S$  устанавливается равным нулю, и рабочие процессы отправляют УП только рекорды, если они образовались в процессе вычислений. Когда на управляющем процессе остается меньше  $m$  вершин – устанавливается значение параметра  $S$  равное изначально заданной константе  $S_0$ , и отправка подзадач управляющему процессу возобновляется.

Для улучшения производительности адаптивный алгоритм был модернизирован – параметры  $T$  и  $S$  стали изменяемыми. Параметр  $S$  стал зависеть от числа уже имеющихся вершин на УП и обеспечил постепенное заполнение его памяти. Параметр  $T$  также стал зависеть от числа вершин на УП. Если количество последних становится меньше числа рабочих процессов – то параметр  $T$  сокращается в 10 раз и обеспечивает более частый обмен вершинами между управляющим и рабочими процессами.

#### Методика исследования алгоритмов балансировки нагрузки

Экспериментальные исследования алгоритмов проводятся с помощью BNB-Simulator [4] и BNB-Visualizer [5]. Эти приложения позволяют проводить эксперименты на эмуляторе параллельной системы.



Для исследования простого алгоритма балансировки, описанного выше, были произведены запуски BNB-Simulator с разным набором параметров: количество процессоров, сложность задач и количество первоначальных разветвлений. В результате для каждого набора были получены показатели эффективности. Опираясь на полученные результаты, для каждой пары «число процессоров – сложность задачи» было определено оптимальное количество первоначальных разветвлений, при котором достигается наибольшая эффективность.

Пример полученного результата при запуске простого алгоритма с количеством процессоров, равным 64:

| Maximal_task_level | Number_of_processors | Initiate_steps | Efficiency |
|--------------------|----------------------|----------------|------------|
| 30                 | 64                   | 100            | 0,150438   |
| 40                 | 64                   | 200            | 0,446688   |
| 50                 | 64                   | 800            | 0,715715   |
| 60                 | 64                   | 2000           | 0,805337   |
| 70                 | 64                   | 2000           | 0,896044   |

На дальнейших этапах работы планируется проведение анализа производительности алгоритма на разных задачах и вычисление средней эффективности алгоритма, исследование других алгоритмов балансировки нагрузки (в частности, перечисленных выше).

#### Заключение

В данной статье рассмотрены некоторые алгоритмы балансировки нагрузки в параллельной реализации метода ветвей и границ, описана методика исследования алгоритмов и проведено экспериментальное исследование одного из предложенных алгоритмов.

#### Литература

1. Сигал И.Х., Иванова А.П. Введение в прикладное дискретное программирование. – М.: Физматлит. – 2002. – 240 с.
2. М.А. Посыпкин, Архитектура и программная организация библиотеки для решения задач дискретной оптимизации методом ветвей и границ на многопроцессорных вычислительных комплексах. // Труды ИСА РАН. Т. 25. – 2006. – с. 18-25.
3. Посыпкин М.А., Сигал И.Х. Исследование алгоритмов параллельных вычислений в задачах дискретной оптимизации ранцевого типа // Ж. вычисл. матем. и матем. физ. Т. 45, № 10. – 2005. – с. 1801-1809.
4. Andrey Fomin, Yuri Orlov, Mikhail Posypkin, Izrael Sigal, Using Simulation to Study Performance of Parallel Tree Search Schedulers // Proceedings of optimization and applications (Optima-2015) Petrovac, Montenegro. – September 2015. – p. 67.
5. Ю.В. Орлов, Среда комплексного анализа производительности алгоритмов балансировки в параллельном методе ветвей и границ// International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162. vol. 3, no. 9. – 2015. URL: <http://injoit.org/index.php/j1/article/view/228> (дата обращения 20.05.2015).



Н.С. Козин, Р.Р. Диязитдинов

## ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТЬ OFDM-СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ С КОДЕРОМ ПО СПЕЦИФИКАЦИИ TS.36.212

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций  
и информатики)

В настоящее время большинство лабораторий мира заняты исследованием технологии, предназначенной для новейшего поколения беспроводных коммуникационных устройств. Такой, к примеру, является технология Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access (OFDM) (множественный доступ с ортогональным частотным разделением каналов). OFDM предоставляет новые возможности такие как: поддержка большого числа абонентов с возможностью переключения между сотами без разрыва соединения, создание малогабаритных, недорогих и экономичных микросхем, обеспечивающие сложные математические операции для создания и демодуляции сигналов OFDM в мобильных устройствах. Основной целью применения данной технологии является высокая помехоустойчивость в условиях многолучевого распространения сигнала.

Основным принципом OFDM считается применение охранного интервала. Так как продолжительность OFDM-символа достаточно велика, то вставляя охранный интервал между двумя символами, становится допустимым сглаживать влияние МСИ между ними. Межсимвольная интерференция (МСИ) – это искажения сигнала за счет откликов на более ранние символы, которые могут проявлять себя как помехи.

Для борьбы с МСИ внутри OFDM символа необходимо применить или корректоры-эквалайзеры, или процедуры восстановления исходной последовательности символов при МСИ.

В представленной статье исследовалась помехозащищенность OFDM системы передачи, содержащей сверточный кодер. В рамках исследований используется сверточный кодер (см. рис. 1), приведенный в спецификации TS 36.212, для сети LTE.

Для исправления ошибок, которые используют непрерывную, или последовательную, обработку информации короткими фрагментами (блоками). Сверточный код обладает памятью в том смысле, что символы на его входе зависят не только от информационных символов на входе, но и предыдущих символов на его входе. Состояние кодера определяется содержимым его памяти.

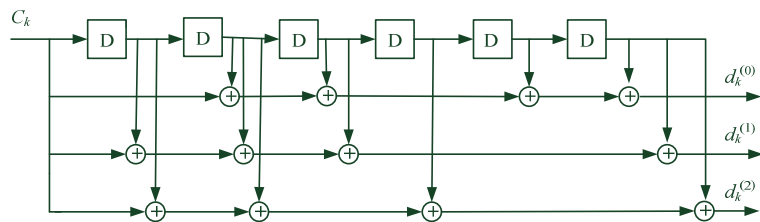


Рис. 1 – Сверточный кодер

Для декодирования сверточных кодов применяется алгоритм декодирования Витерби, являясь оптимальным в смысле минимизации вероятности ошибки последовательности. Главная концепция алгоритма Витерби состоит в пошаговом сравнении всех путей по кодовой решетке с принятой из канала последовательностью  $\bar{Y}$  и отбрасывании тех из них, которые точно будут находиться на большем расстоянии, чем другие пути. Под расстоянием между двумя последовательностями понимается расстояние Хэмминга.

Исследование вероятностных характеристик OFDM-систем передачи является важной задачей. Определяя характеристики в «идеальных» условиях, становится возможным проектировать системы более высокого порядка.

Для определения помехоустойчивости системы, был проведен эксперимент, включающий компьютерное моделирование для различных ее конфигураций. Для определения этих характеристик были поставлены следующие условия: используется модуляция QAM-64; количество передаваемых бит –  $10^9$ ; отношение сигнал/шум  $h^2 = [0,01; 0,02; 0,05; 0,1; 0,2; 0,5; 1; 2; 5; 10; 20; 50]$ . Исследуемые схемы систем передачи с использованием OFDM-технологии для следующих случаев:

- система передачи без блока помехоустойчивого кодирования и без межсимвольных искажений (МСИ) в канале связи;
- система передачи с блоком помехоустойчивого кодирования и без МСИ в канале связи;
- система передачи без блока помехоустойчивого кодирования и с меняющейся в течение эксперимента импульсной характеристикой канала связи с МСИ;
- система передачи с блоком помехоустойчивого кодирования и с меняющейся в течение эксперимента импульсной характеристикой канала связи с МСИ.

По результатам проведенных исследований построим график зависимости помехоустойчивости от значения  $h^2$  (см. рис. 2).

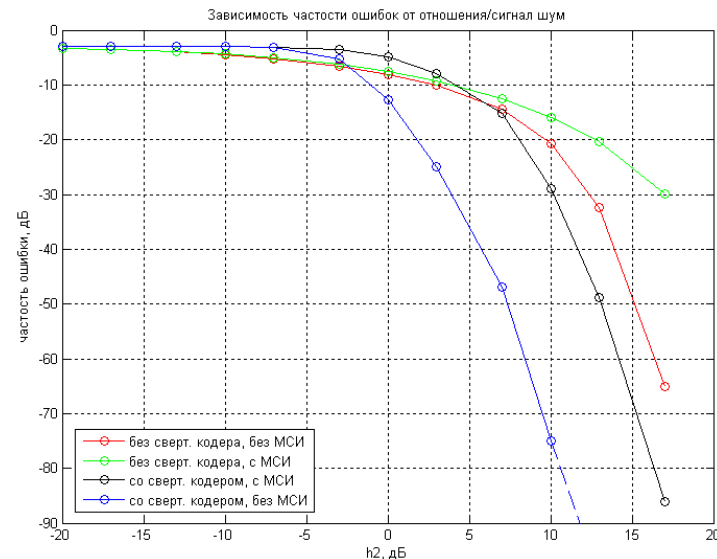


Рис. 2 – Зависимость помехоустойчивости системы передачи от отношения сигнал/шум

Исходя из полученных графиков, можно получить следующие выводы:

1. Использование помехоустойчивого кодера, рекомендованного TS 36.212 при использовании на приемной стороне схемы принятия решения по алгоритму Витерби, значительно повышает помехоустойчивость системы передачи. Как можно видеть из графиков моделирования – частота ошибки для схемы без МСИ при  $h^2 = 3$  дБ уменьшается в 70 раз, а при  $h^2 = 10$  дБ уменьшается в  $7 \cdot 10^5$  раз, для схемы с МСИ при  $h^2 = 3$  дБ уменьшается в 2 раза, а при  $h^2 = 10$  дБ уменьшается в 20 раз.

2. Влияние МСИ, корректируемые эквалайзером, несколько уменьшают эквивалентное отношение сигнал/шум, что приводит к снижению помехоустойчивости системы передачи.

3. Моделирование МСИ показывает, что помехоустойчивость системы при отношении  $h^2 = 3$  дБ уменьшается в 2 раза для системы без помехоустойчивого кодера и в 50 раз при использовании помехоустойчивого кодера.

### Литература

1. М.М. Маковеева, Ю.С. Шинаков – Системы связи с подвижными объектами. Радио и связь, 2002 г, с. 440.
2. В.П. Ипатов, В. Орлов, И. Самойлов – Системы мобильной связи. Учебное пособие для ВУЗов. Горячая Линия - Телеком, 2003, с. 272.
3. А.Л. Гельгор, Е.А. Попов – Технология LTE мобильной передачи данных. Санкт-Петербург, Издательство политехнического университета, 2011.



В.П. Корячко, Д.А. Перепелкин, М.А. Иванчикова

## ОРГАНИЗАЦИЯ АДАПТИВНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ В СЕТЯХ ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

(Рязанский государственный радиотехнический университет)

В последнее время по мере роста информационных систем, развития технологий и методик, связанных с обработкой больших объемов данных, популярность приобретают высокопроизводительные вычисления (High performance computing, HPC). Для обеспечения возможностей HPC и разработки технологий их обслуживания используют центры обработки данных (ЦОД). Однако для развертывания крупномасштабных систем с поддержкой эффективной производительности и отказоустойчивости целесообразно распределять информационные ресурсы между несколькими ЦОД. Площадки ЦОД соединяются производительными каналами связи с пропускной способностью в десятки гигабит. Если площадки находятся в одном городе, и расстояние между ними не превышает 50 км, то из нескольких площадок можно создать единый вычислительный центр, в рамках которого применимы классические алгоритмы маршрутизации трафика. В связи с этим необходимо решить задачу маршрутизации данных как внутри ЦОД, так и между ЦОД, обеспечивающей гибкое масштабирование информационных систем, высокую скорость обработки данных и быструю реакцию на изменения в сетевой топологии.

Наиболее распространенным методом обеспечения высокой производительности, отказоустойчивости и надежности распределенной информационной системы является развёртывание систем вторичного хранения или создание резервных ЦОД. Но такой подход усложняет сетевую архитектуру и увеличивает временные и финансовые эксплуатационные расходы.

В настоящее время для организации соединений между ЦОД используют сетевые оверлейные технологии виртуализации VXLAN (Virtual Extensible LAN) и OTV (Overlay Transport Virtualization), позволяющие получить новую логику работы сети ЦОД, используя в качестве основы стандартные протоколы.

VXLAN является перспективной технологией и имеет следующие особенности:

- постоянно дорабатывается;
- поддерживается и развивается многими компаниями;
- поддерживается на более дешевых классах устройств;
- достаточно гибкая: поддерживает виртуальное и коммутационное оборудование (Host-based и Network-based), работает как внутри ЦОД, так и между ними;
- обеспечивает одновременную многопутевую передачу пакетов;
- поддержка более 16 млн. логических сегментов (VXLAN сетей);
- используется в программно-конфигурируемых сетях.



Технология OTV разработана компанией Cisco для обеспечения связи распределённых сегментов L2-сети через IP-сеть. В отличие от VXLAN технология OTV рассчитана на связь L2-сетей только между ЦОД. Данная технология использует протокол IS-IS (Intermediate System to Intermediate System), основанный на алгоритме Дейкстры.

Для решения задачи поиска оптимальных маршрутов в сетях ЦОД широко используется алгоритм Дейкстры. Данный алгоритм применяется для построения таблиц маршрутизации в протоколе OSPF (Open Shortest Path First) и в протоколе динамической маршрутизации IS-IS. В настоящее время сеть ЦОД может обслуживаться несколькими провайдерами связи [1]. Для решения задачи эффективной маршрутизации в сетях нескольких провайдеров связи в работе [2] предложен модифицированный алгоритм Дейкстры. В работах [3,4] предложены алгоритмы парных переходов и парных перестановок маршрутов, позволяющие построить дерево оптимальных маршрутов в условиях динамических изменений параметров сети. Так же набирают популярность технологии быстрой перемаршрутизации трафика Fast Reroute (FRR) и управления трафиком Traffic Engineering (TE). Основные принципы технологии FRR подробно рассмотрены в работе [5]. В таблице 1 представлен сравнительный анализ известных алгоритмов маршрутизации.

Таблица 1 – Алгоритмы маршрутизации в сетях ЦОД

| Алгоритм                                        | Трудоемкость       | Особенности                                                                                     |
|-------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Классический алгоритм Дейкстры                  | $O(N^2)$           | Применяется в сетях с одним провайдером связи                                                   |
| Модифицированный алгоритм Дейкстры              | $O(N^3)$           | Применяется в сетях нескольких провайдеров                                                      |
| Алгоритм парных переходов                       | $O(kmN)$           | Применяется в сетях нескольких провайдеров в условиях динамических изменений сетевых параметров |
| Алгоритм парных перестановок маршрутов          | $O(mN)$            | Применяется в сетях нескольких провайдеров в условиях динамических изменений сетевых параметров |
| Алгоритм А. Джарри с применением технологии FRR | $O(m\log N + N^2)$ | Основан на вычислении расстояния Беллмана-Форда                                                 |

Таким образом, каждый из представленных алгоритмов может применяться в сетях ЦОД в зависимости от имеющихся вычислительных ресурсов и условий функционирования сети.

Организация информационной системы в ЦОД представляет единую архитектуру, обеспечивающую решение первоочередных задач: выполнение кон-



солидации ресурсов, обеспечение непрерывности работы и обеспечение безопасности деятельности предприятия.

Используя отказоустойчивые эффективные ЦОД на базе адаптивной сети, предприятия могут перераспределять свои ресурсы, выделенные на развитие организации, адекватно реагируя на действия конкурентов, расширяя рынок своих сервисов, а также ускоряя процесс разработки новых сервисов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых - кандидатов наук МК-6016.2016.9, стипендии Президента РФ СП-505.2016.5, программы УМНИК Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.*

### Литература

1. Горшков С.Г., Никитин Е.В., Саксонов Е.А. Задача формирования структуры базовой сети // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2010. № 2. С. 59-66.
2. Корячко В.П., Перепелкин Д.А., Иванчикова М.А. Алгоритм адаптивной маршрутизации в корпоративных сетях нескольких провайдеров связи // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2013. № 2 (44). С. 52-56.
3. Корячко В.П., Перепелкин Д.А., Иванчикова М.А. Алгоритм парных переходов каналов связи при динамическом изменении нагрузки в корпоративных сетях нескольких провайдеров связи с различными зонами покрытия // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2014. № 47. С. 72-80.
4. Перепелкин Д.А. Алгоритм парных перестановок маршрутов на базе протокола OSPF при динамическом отказе узлов и линий связи корпоративной сети // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2014. № 47. С. 72-80.
5. A. Jarry, "Fast reroute paths algorithms", Telecommunication Systems. 2013. Vol. 52, Issue 2. pp. 881-888.

В.А. Кузьмин, Д.В. Глухов

### ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В СИСТЕМЕ КЛАСТЕРНОГО ТИПА

(Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.)

Рост вычислительных мощностей персональных компьютеров и совершенствование технологий компьютерных коммуникаций в последние годы послужили стимулом к созданию и развитию высокопроизводительных компьютерных систем по стоимости значительно меньшей стоимости суперкомпьютеров, которые долгое время были единственным инструментом для решения



сложных задач (в частности, при имитационном моделировании) [1]. Такие системы (называемые кластерами) получили большое распространение и широко используются в различных научно-исследовательских центрах по всему миру [2]. Вообще, определение, кластера, согласно компании DEC (США), которая впервые ввела данное понятие, следующее: кластер есть группа машин, которые связаны между собой и функционируют как единое устройство. Как правило, в таких системах применяются принципы параллельного программирования, т.е., фактически, весь кластер рассматривается в качестве многопроцессорного компьютера. С другой стороны, возможен подход, в котором применяется ряд подзадач, моделирующих отдельные элементы изучаемой системы. В этом случае возникает дополнительный ряд проблем: вопросы синхронизации отдельных элементов, допустимость рассогласования по модельному времени, оптимальное распределение этих элементов внутри кластера.

Под кластерами понимается группа компьютеров (ЭВМ) объединённых в одну вычислительную сеть и работающих как единое целое. Вообще говоря, каких-то строгих требований к машинам, входящих в кластер, не предъявляется. Они могут иметь как различную аппаратную платформу (Intel, Sun, Mac и т.д., в силу большей доступности, чаще используется платформа Intel), так и различную программную платформу (т.е., на машинах кластера могут быть установлены различные операционные системы – Unix/Linux, MS Windows, SUN Solaris и т.д.) [3]. Более того, кластер может состоять из нескольких сегментов LAN, использующих различные сетевые технологии. В случае применения в пределах кластера различных аппаратно-программных решений, такой кластер будет называться гетерогенным, в случае же, если все машины представлены одинаковыми платформами, а локальная сеть построена на одной технологии, то такой кластер будет называться гомогенным [3].

Часть описанных проблем, в принципе, может быть решена при помощи теории расписаний, однако, из неё же известно, что общего решения для всех типов задач не существует, более того, может оказаться, что оптимальное решение найти вообще невозможно. С какой стороны подходить к проблеме распределения задач внутри кластера, можно решить лишь при наличии некоторых эмпирических данных, лишь после чего можно предлагать те или иные варианты. В случае успешного решения проблемы по оптимизации такого вычислительного процесса появляется возможность ускорения вычислений (что позволит приблизить модельное время к реальному, или даже ускорить его, что может быть особо значимо при моделировании длительных процессов), либо ускорения модели при некоторых приемлемых сроках получения конечного результата.

Сложности при распараллеливании возникают с циклами, в которых присутствуют различные зависимости данных. Преобразование циклических конструкций с неявной зависимостью данных, например вычисление рекуррентных последовательностей, существующими средствами либо невозможно, либо малоэффективно даже при использовании специальной аппаратной поддержки.



Применение специализированных вычислительных комплексов позволяет ускорить решение некоторых классов задач за счет аппаратной реализации операций. Однако специализация резко ограничивает область применения таких систем. Напротив, простая в организации архитектура вычислительной системы кластерного типа оказывает влияние на время решения задач. Накладные расходы, связанные с пересылкой сообщений, могут перекрыть эффект от использования множества вычислительных устройств.

Применение кластерных вычислительных систем связано с рядом проблем. Известно, что на время решения задачи в кластере влияет количество используемых процессоров [1]. При проектировании вычислительного кластера для конкретной прикладной задачи требуется предварительный анализ ресурсной базы и реализации алгоритма: необходимо оценить объем вычислительной работы и определить количество вычислительных устройств, при котором время решения будет наименьшим, что позволит максимально эффективно использовать имеющиеся ресурсы.

Определение оптимального количества вычислительных устройств нетривиально, так как время решения задачи зависит от множества факторов: количества оперативной памяти на узлах кластера, производительности дисков и коммуникационной среды и, наконец, программной реализации алгоритма решения задачи [2]. Таким образом, актуальными являются исследования, связанные с разработкой способов преобразования циклических конструкций вычисления рекуррентных последовательностей и циклов с использованием индексных множеств для многопроцессорных систем кластерного типа с учетом количества задействованных вычислительных устройств.

В работе авторы используют методики оптимизации определения минимально достаточного числа необходимых вычислительных ресурсов с помощью разработанных алгоритмов, описанных в работах, где потребовалось находить оценки параметров нелинейных систем с помощью полного метода наименьших квадратов, что обусловило использование больших вычислительных мощностей нескольких компьютеров, ввиду большой вычислительной сложности задачи.

Применение указанных алгоритмов позволило создать эффективные программы решения поставленной задачи, которые работают в реальном времени.

### Литература

1. Вишневецкий, В.М. Теоретические основы построения компьютерных сетей: учеб. - метод. пособие / В.М. Вишневецкий. - Изд. м.: Техносфера, 2003. - 219 с.
2. Мялицин, В.В. Методика определения оптимального количества процессоров кластерной системы : учеб. для вузов / В.В. Мялицин. - Изд. Томск, ТПУ, 2007. - 468 с.
3. Максимов, Н.В. Архитектура ЭВМ и вычислительных систем : учеб. для вузов / Н.В. Максимов, Т.Л. Партыка, И.И. Попов. - М.: Инфра - М, 2005.- 512 с./



4. Львов, А.А. Алгоритм оценки параметров математических моделей линейных и нелинейных систем / А.А. Львов, А.А. Северов // Вестник СГТУ, № 4(43), 2009. – С.77-81.

5. Львов, А.А. Анализ моделей метода наименьших квадратов и методов получения оценок / А.А. Львов, М.В. Мусаев // Вестник СГТУ, № 4(43), 2009. – С.137-141.

М.С. Мутагаров

### ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ МАТРИЧНОГО УМНОЖЕНИЯ

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Многие алгоритмы управления, идентификации систем, цифровой обработки сигналов широко используют матричные вычисления, одной из основных задач в которых является умножение матриц.

Классический алгоритм матричного умножения является итеративным и ориентирован на последовательное вычисление строк результирующей матрицы **C**. Известно [1], если исходные матрицы **A** и **B** квадратные размера  $n \times n$ , каждый элемент матрицы **C** произведения есть скалярное произведение строки и столбца исходных матриц **A** и **B**, т.е. при умножении квадратных матриц размера  $n \times n$  количество выполненных операций имеет порядок  $O(n^3)$ . Очевидно, что такой большой объем вычислений, которые необходимо производить в системах управления в реальном масштабе времени, существенно ограничивает сложность решаемых такими системами задач.

В настоящее время разработаны и продолжают интенсивно разрабатываться различные параллельные алгоритмы умножения матриц. В параллельных алгоритмах, исходя определения операции матричного умножения, вычисление всех элементов матрицы **C** может быть выполнено независимо друг от друга, т.е. используется свойство параллелизма по данным. Поэтому основной принцип организации параллельных вычислений заключается в использовании в качестве базового потока вычисления одного элемента результирующей матрицы **C**, т.е. вычисления над элементами одной строки матрицы **A** и одного столбца матрицы **B**. Очевидно, общее количество потоков получаемых при таком подходе равно  $n^2$  [1], что определяет число требуемых вычислительных устройств.

Актуальной задачей параллельных вычислений является определение показателей эффективности параллелизма: оценка получаемого ускорения вычислений, степень загрузки процессоров и ее балансировка, потери производительности для организации параллелизма, отношение производительности вычислительной системы к ее стоимости и др. Эффективность параллелизма в значительной мере зависит от того, в какой мере параллельный алгоритм учитывает характерные свойства параллельной ВС.





Например, в параллельных алгоритмах достигнутый уровень параллелизма может оказаться избыточным, когда при проведении практических расчетов количество сформированных потоков превышает число имеющихся вычислительных устройств (процессоров и/или ядер). В этом случае целесообразно укрупнение базовых потоков, т.е. объединении в рамках одного потока вычислений всех элементов одной из строк матрицы  $C$ . Тогда общее количества уменьшится до величины  $n$  [1].

Из вышесказанного следует актуальность решения задачи - проведения этапа предварительного моделирования параллельных алгоритмов матричного умножения перед практическим применением в прикладных задачах, решаемых на конкретных вычислительных системах (ВС).

Для решения этой задачи разработан программный комплекс [2] для моделирования параллельных алгоритмов матричного умножения, который позволяет выполнять следующие функции:

- произвести выбор для моделирования из базы алгоритмов того или иного параллельного алгоритма матричного умножения;
- выбрать тот или иной вид и размер матриц для проведения расчетов;
- произвести оценку времени проведения матричного умножения;
- вычислить зависимости времени проведения матричного умножения от размерности и вида матриц, а также от числа используемых ядер;
- получить сравнительные оценки времени проведения матричного умножения для разных видов алгоритмов.

Архитектура программного комплекса изображена на рис.1 и состоит из 9 подсистем, образующих три уровня: презентационный, логики и данных.

Программный комплекс позволяет определять показатели эффективности параллельных алгоритмов и программ матричного умножения, выполняемых на многоядерных ВС, использующих технологию CUDA (Computer Unified Device Architecture). Эта технология компании Nvidia [3] позволяет создавать недорогие высокопроизводительные параллельные ВС для разработки приложений для массивно-параллельных ВС на основе графических процессоров (GPU). Эти процессоры выполняют функцию быстродействующих SIMD-процессоров, архитектура которых (одиночный поток команд и множественный поток данных) удобна для реализации параллельных алгоритмов матричного умножения.

Пользовательский интерфейс программного комплекса для моделирования параллельных алгоритмов матричного умножения представлен на рис.2., а примеры результатов моделирования алгоритмов - на рис.3 и рис.4.

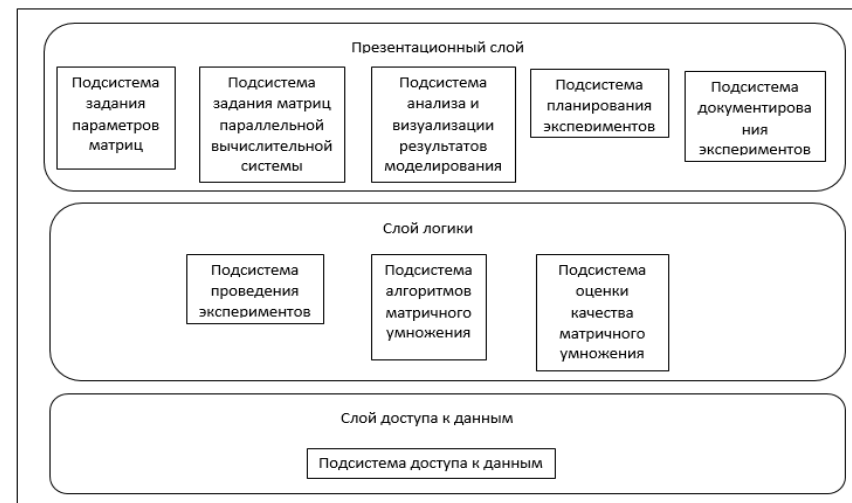


Рис.1. Архитектура программного комплекса для моделирования алгоритмов матричного умножения

The screenshot shows the user interface of the software complex. It includes input fields for matrix dimensions and number of streams, checkboxes for algorithm types, and a table of results.

**размеры матриц:**

число потоков: 4    от: 800    до: 1400    шаг: 200    **выполнить**

**виды алгоритмов:**

- ☒ последовательный
- ☒ базовый
- ☒ ленточный
- ☒ блочный

**новые алгоритмы...**

**очистить таблицу**

**завершено**

**результаты выполнения:**

| алгоритм         | число потоков | размер матрицы | время выполнения   | ускорение         |
|------------------|---------------|----------------|--------------------|-------------------|
| последовательный | 800           | 800            | 5,806836096529...  |                   |
| последовательный | 1000          | 1000           | 12,941110193...    |                   |
| последовательный | 1200          | 1200           | 22,327212786995... |                   |
| последовательный | 1400          | 1400           | 35,789399693...    |                   |
| базовый          | 4             | 800            | 2,3035506098413    | 2,520819847292... |
| базовый          | 4             | 1000           | 4,7082843285...    | 2,7485829849...   |
| базовый          | 4             | 1200           | 8,189961508378...  | 2,726168219979... |
| базовый          | 4             | 1400           | 12,995072892...    | 2,7540745626...   |
| ленточный        | 4             | 800            | 2,436341249172...  | 2,383424776189... |
| ленточный        | 4             | 1000           | 4,7349179125...    | 2,7331223967...   |
| ленточный        | 4             | 1200           | 7,281447603209...  | 3,066315107061... |
| ленточный        | 4             | 1400           | 12,453872613...    | 2,8737566862...   |
| блочный          | 4             | 800            | 2,140510137495...  | 2,712828122049... |
| блочный          | 4             | 1000           | 4,1882817106...    | 3,0898375724...   |

Рис. 2. Пользовательский интерфейс программного комплекса

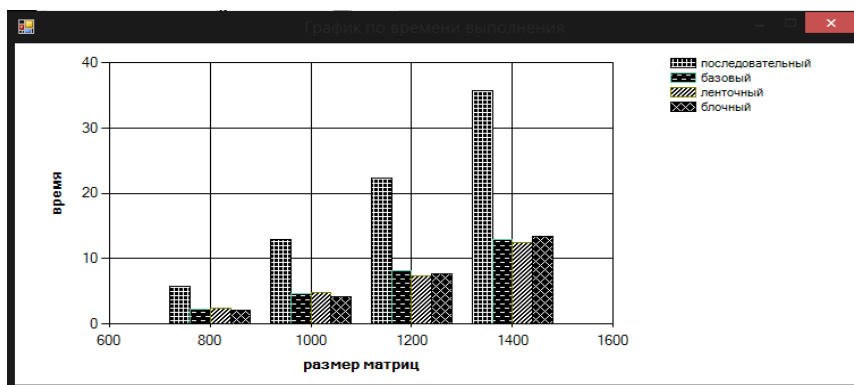


Рис. 3. Сравнительные результаты времени выполнения матричного умножения для различных параллельных алгоритмов

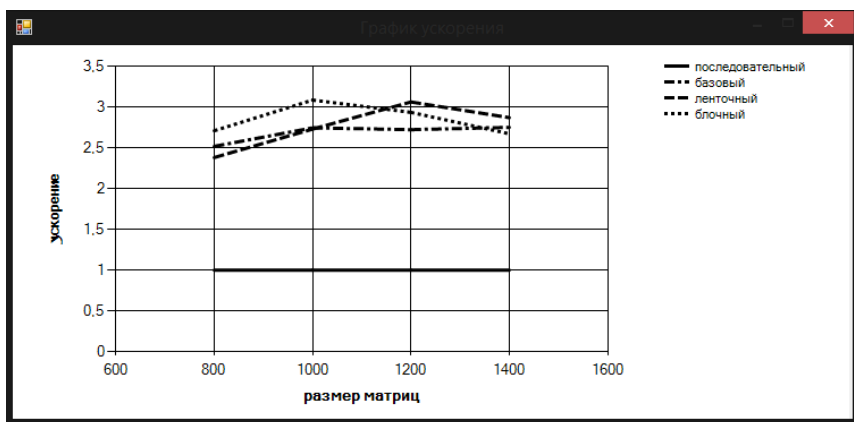


Рис. 4. Сравнительные результаты ускорения выполнения матричного умножения для различных параллельных алгоритмов

Примером практического применения программного комплекса является разработка вычислительной платформы для восстановления и разделения сигналов – определения сигналов источников, недоступных для прямых измерений, по измеренным в доступных точках сигналам приемников [4]. Моделирование позволило разработать программное обеспечение и выбрать оптимальную по соотношению производительность-цена архитектуру ВС для обработки в реальном времени сигналов системы автоматической локомотивной сигнализации [5], обеспечивающей безопасность движения поездов.

### Литература

1. Гергель В.П. Высокопроизводительные вычисления для многоядерных многопроцессорных систем. – Нижний Новгород: НГУ им Н.И Лобачевского, 2010. – 421 с.
2. Мутагаров М.С., Засов В.А. Программа для моделирования параллельных алгоритмов матричного умножения. – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2016610466 от 12.01.2016г
3. Боресков А.В., Харламов А.А. Основы работы с технологией CUDA. – М.: ДМК Пресс, 2011.-231с.:ил.
4. Засов В.А., Ромкин М.В. Параллельные вычисления в задаче разделения сигналов в многомерных динамических системах // Труды VI Международной конференции «Параллельные вычисления и задачи управления (РАСО-2012)». – М.: Учреждение Российск. акад. наук Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН. – 2012. – С.96-102.
5. Засов В.А., Ромкин М.В. Модель нерекурсивного вычислителя для решения задачи разделения сигналов // Аналитические и численные методы моделирования естественно -научных и социальных проблем: сб. статей VIII международной науч.- техн. конф. – Пенза: изд-во ПГУ, 2013. – С.174-179.

Н.В. Мясникова, М.П. Берестень, Б.В. Цыпин, М.Г. Мясникова

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗЛОЖЕНИЯ НА ЭМПИРИЧЕСКИЕ МОДЫ НА ОСНОВЕ ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ И ИНТЕГРИРОВАНИЯ В ИИС

(Пензенский государственный университет)

В последнее время возрастает интерес к разложению на эмпирические моды. Авторы используют такое разложение как предварительную обработку сигналов, позволяющую увеличить отношение сигнал/помеха, упростить алгоритм параметрического анализа (за счет сведения сложной задачи оценивания параметров модели порядка  $p$  к простым задачам оценивания параметров составляющих первого и второго порядков) и при этом существенно сократить время анализа.

Предварительное разложение использовалось авторами для измерения параметров сигналов сложной формы, а также для сжатия и восстановления сигналов в распределенных ИИС [1-5]. При этом рассматривались наиболее известное разложение empirical mode decomposition (EMD) и разложение на основе экстремальной фильтрации (ЭФ) [6-8]. В настоящее время предложены новые методы декомпозиции на основе дифференцирования-интегрирования [9-11]. Эти методы позволяют проводить разложение на эмпирические моды, как в порядке возрастания, так и в порядке убывания частот. Этот фактор важен, так как часто информативными являются именно низкочастотные компоненты.

Предложенный метод основан на подавлении высокочастотных составляющих при интегрировании и на их акцентировании при дифференцировании:



для извлечения мод в порядке возрастания их частот осуществляется многократное интегрирование сигнала для подавления высокочастотных компонент до тех пор, пока количество экстремумов не перестанет меняться, т.е. пока не останется одна (самая низкочастотная) составляющая; моды выделяются из интегрированных последовательностей путем дифференцирования, вычитания выделенной составляющей из интегрированных последовательностей более низкого порядка, повторения таких же действий с уже удаленной низкочастотной составляющей над интегрированными последовательностями, начиная с предыдущей; выделенные из интегрированных последовательностей составляющие дифференцируются по схеме Ланцоша столько раз, сколько раз последовательность интегрировалась;

для извлечения мод в порядке убывания их частот осуществляется многократное дифференцирование для акцентирования высокочастотных компонент до тех пор, пока не будет выделена последовательность со знакопеременными экстремумами; моды выделяются из дифференцированных последовательностей путем интегрирования, вычитания выделенной составляющей из дифференцированных последовательностей более низкого порядка, повторения таких же действий с уже удаленной высокочастотной составляющей над дифференцированными последовательностями, начиная с предыдущей; выделенные из дифференцированных последовательностей составляющие интегрируются с использованием весовой обработки, столько раз, сколько раз последовательность дифференцировалась.

На рисунках 1 и 2 показаны примеры разложения в порядке возрастания частот (на основе интегрирования-дифференцирования) и в порядке убывания частот (на основе дифференцирования-интегрирования), соответственно.

Слабым звеном в методе разложения в порядке возрастания частот мод можно считать применение дифференцирования на основе интегрирования, особенно если его приходится применять многократно: при малом окне сглаживания его применение неэффективно, а при большом сигнал излишне сглаживается. В принципе можно, если не стоит задача восстановления сигнала, и не дифференцировать выделенные моды, так как составляющие такого вида не меняют форму при дифференцировании: меняются только амплитуды из-за деления на  $\Delta t$  на каждом шаге, а также фазы. Последние, как правило, не являются информативными параметрами, они нужны только для восстановления сигнала. Поэтому можно просто нормировать выделенные нами составляющие: амплитуда умножается на  $(2\pi f_c)^n$ , где  $f_c$  - оценка частоты составляющей, а  $n$  - количество дифференцирований для восстановления сигнала, а фазу нужно изменить на величину  $n\frac{\pi}{2}$ .

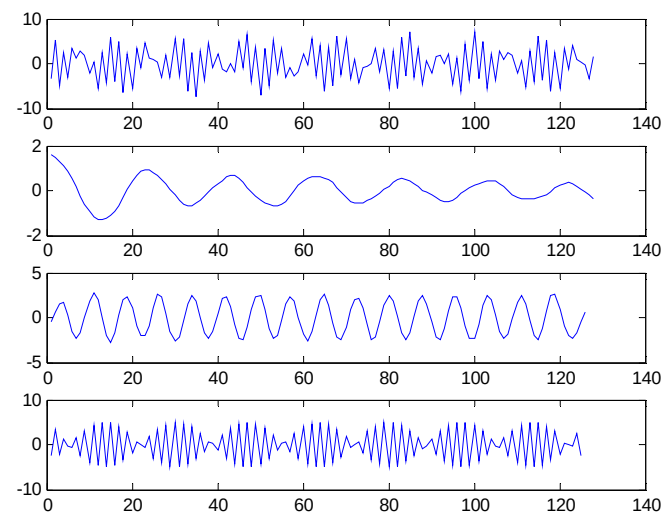


Рисунок 1 - Разложение на эмпирические моды в порядке возрастания частот мод на основе интегрирования – дифференцирования

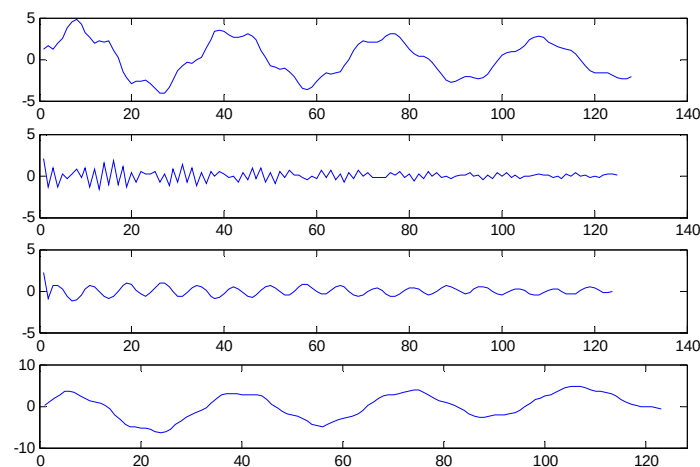


Рисунок 2 - Разложение на эмпирические моды в порядке убывания частот мод на основе дифференцирования – интегрирования



Соответственно в методе разложения в порядке убывания частот также можно избавиться от весового интегрирования. Достаточно просто нормировать выделенные составляющие: амплитуда умножается на  $\left(\frac{1}{2\pi f_c}\right)^n$ , где  $f_c$  - оценка частоты составляющей, а  $n$  - количество интегрирований для восстановления сигнала, а фазу нужно изменить на величину  $-n\frac{\pi}{2}$ .

Авторами разложение на моды ранее использовалось для параметрического анализа. При применении EMD-разложения сплайн-аппроксимация огибающих «зашумляет» составляющую, а при применении экстремальной фильтрации вся информация восстанавливается только по экстремумам процесса на основе аппроксимации функциями колокольной формы. То есть и там и там присутствует аппроксимация, причем форма аппроксимирующей функции удобна с математической точки зрения, но не соответствует описанию физических процессов, протекающих в технических устройствах. Желательно получить аппроксимацию в виде суммы колебательных и инерционных составляющих

$$x(t) = \sum_{i=1}^p U_i e^{\alpha_i |t|} \cdot e^{j(2\pi f_i t + \varphi_i)} \quad (1)$$

Вещественный процесс моделируется комплексно-сопряженной парой  $e^{j(2\pi f_i t + \varphi_i)}$  и  $e^{-j(2\pi f_i t + \varphi_i)}$ . Здесь  $p$  - порядок модели;  $U_i$ ,  $\alpha_i$ ,  $f_i$ ,  $\varphi_i$  - параметры колебательного звена (соответственно - амплитуда собственных колебаний, коэффициент затухания, собственная частота и запаздывание). Отличие предложенного подхода в том, что параметры сигнала сложной формы определены по модам.

Если не требуется высокая точность и более важными являются временные ограничения, то параметры составляющих сигнала (амплитуды и затухания) могут быть определены в точках экстремумов  $\ln(x_{sp}) = \ln(|U|) - \alpha_{sp}$ , а частота, как уже отмечалось, определяется по числу экстремумов. Еще один параметр (фаза  $\varphi_i$ ) определяется первым экстремумом  $t_{s1}$  каждой составляющей. Таким образом, могут быть определены все параметры модели (1).

Предполагается, что предложенное преобразование более естественно, так как интегрирование и дифференцирование не нарушают структуру, не изменяют частотных параметров составляющих, а амплитуды и фазы могут быть восстановлены по одному из описанных алгоритмов.

В настоящее время проводится метрологический анализ алгоритма, вырабатываются рекомендации по применению.



## Литература

1. Мясникова, Н.В. Применение разложения по эмпирическим модам в задачах цифровой обработки сигналов / Н.В. Мясникова, Л.А. Долгих, М.Г. Мясникова // Датчики и системы. - 2011. - № 5. - С. 8-10.
2. Ломтев, Е.А. Совершенствование алгоритмов сжатия-восстановления сигналов для систем телеизмерений/ Е.А. Ломтев, М.Г. Мясникова, Н.В. Мясников, Б.В. Цыпин// Измерительная техника. - 2015. - № 3. - С. 11-15.
3. Мясникова, Н.В. Разложение на эмпирические моды на основе экстремальной фильтрации// Н.В. Мясникова, М.П. Берестень // Цифровая обработка сигналов. - 2014. - № 4. - С. 13-17.
4. Терехина, А.В. Сравнительная оценка алгоритмов сжатия информации на основе метода Прони/ А.В. Терехина // Современные проблемы науки и образования. - 2013. - № 1. - С. 166.
5. Ломтев, Е.А. Применение метода на основе экстремальной фильтрации в задачах сжатия измерительных сигналов/ Е.А. Ломтев, Б.В. Цыпин, А.В. Терехина// Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. - 2013. - № 1. - С. 55-59.
6. Мясникова, Н.В. Экстремальная фильтрация и ее приложения / Н. В. Мясникова, М. П. Берестень // Датчики и системы. - 2004. - № 4. - С. 8-11.
7. Мясникова, Н.В. Методы разложения сигналов на основе экстремальной фильтрации / Н.В. Мясникова // Датчики и системы. - 2011. - № 2. - С. 8-12.
8. Мясникова Н.В., Совершенствование модели быстропеременных процессов и алгоритма экспресс-анализа/ Н.В. Мясникова, М.П. Берестень, Л.А. Долгих// Датчики и системы. - 2014. - № 10. - С. 22-26.
9. Мясникова, Н.В. Алгоритм выделения низкочастотных мод / Н.В. Мясникова, М.П. Берестень // 17-я Междунар. конф. "Цифровая обработка сигналов и ее применение". Москва. 25-27 марта 2015. Труды Росс.науч.-техн. общества радиотехники, электроники и связи им. А.С. Попова. Сер. Цифровая обработка сигналов и ее применение. - М.: РНТО РЭС им. А.С. Попова, 2015. - С. 78-82.
10. Мясникова, Н.В. Разложение на эмпирические моды на основе дифференцирования и интегрирования/ Н.В. Мясникова, М.П. Берестень/ В сборнике: Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015) труды Международной научно-технической конференции. СГАУ. Самара, 2015. - С. 101-105.
11. Мясникова, Н.В. Разложение на эмпирические моды на основе дифференцирования и интегрирования/ Н. В. Мясникова, М. П. Берестень// Цифровая обработка сигналов. - 2016. - №1. - С. 13-17.



Д.М. Наширванов, С.В. Востокин

## АКТОРНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ СТАТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕРФЕЙСА ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ MPI

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Идея модели акторов состоит в том, что процессы разделены по отдельным задачам, выполняются параллельно и передают информацию с помощью сообщений. MPI (Message Passing Interface) – программный интерфейс (API) для передачи информации, который позволяет обмениваться сообщениями между процессами, выполняющими одну задачу. MPI является наиболее распространённым стандартом интерфейса обмена данными в параллельном программировании, существуют его реализации для большого числа компьютерных платформ. Стандарт MPI ориентирован на системы с распределенной памятью, когда затраты на передачу данных велики [1]. MPI существенно упрощает реализацию акторной модели на распределенных системах, т.к. позволяет отправлять сообщения процессам, запущенным на другом вычислительном устройстве.

Реализация данной модели предназначена для применения в составе инструмента быстрой разработки параллельных алгоритмов Templet Web [2]. Он предусматривает автоматизацию написания кода статических алгоритмов, в которых сеть акторов, соединённых каналами передачи сообщений, не изменяется во время вычислений, т.е. для акторных сетей с неизменной топологией. Реализация выполнена на языке C++, в качестве механизма передачи сообщений используется библиотека MPI из пакета Intel Parallel Studio XE 2016 и библиотека MPICH2.

Реализация модели основана на разделении вычислений в программе на следующие этапы:

1. создание акторов в виде объектов/структур языка C++;
2. построение коммуникационной топологии путём связывания акторов каналами передачи сообщений;
3. определение привязки конкретных акторов к процессам MPI;
4. ввод исходных данных в программу;
5. выполнение вычислений;
6. вывод/сохранение результатов работы.

Этапы (4) и (6) выполняются исключительно на мастер-процессе MPI, этап выполнения вычислений (5) обычно выполняется на рабочих процессах, но так же можно использовать и мастер-процесс. Остальные же этапы протекают для всех процессов.



Алгоритм управления вычислениями в рассматриваемой реализации основан на технике потокового пула в разделяемой памяти. В предлагаемой распределённой реализации алгоритма используется сериализация акторов и сообщений, а также алгоритм Хуанга (Huang) для определения момента остановки вычислений в распределённой системе.

В качестве тестового примера реализации акторной модели с использованием MPI рассматривается распределённый алгоритм голосования – алгоритм забияки (Bully algorithm) [3]. Алгоритм позволяет выявлять отказавший процесс координатор, отказ моделируется программно на основе генератора случайных чисел. Каждый процесс – это актор нашей модели. Все процессы имеют собственный номер (приоритет), а процесс-координатор – это процесс с наивысшим приоритетом среди рабочих процессов.

Когда один из процессов замечает, что координатор перестал отвечать, он инициирует голосование. Голосование проводится следующим образом.

1. Некоторый процесс Р посылает всем процессам с большими, чем у него номерами специальное сообщение «Голосование».
2. Если никто не отвечает, то процесс Р становится процессом-координатором.
3. Если один из процессов с большим номером отвечает, то процесс Р заканчивает свою работу и передается под управление новому процессу-координатору, который будет выбран дальнейшим голосованием процессов с большими номерами.

В любой момент процесс может получить специальное сообщение «Голосование» от одного из процессов с меньшим номером. При получении данного сообщения, он должен немедленно послать отправителю ответ «ОК», показывая, что он работает и готов стать координатором. Затем получатель сам организует голосование. В конце концов, все процессы, кроме одного, отпадут, и этот последний будет новым процессом-координатором. Он должен уведомить все остальные процессы об этом и приступить к выполнению задачи координатора.

Если процесс, который находился в нерабочем состоянии, начинает работать, он запускает новое голосование, и, если у него окажется самый высокий приоритет, то он снова станет координатором.

Данный тестовый алгоритм включает парные двухсторонние взаимодействия, коллективную рассылку, асинхронное взаимодействие, недетерминированное выполнение. Корректное выполнение тестового алгоритма позволит с высокой степени вероятности утверждать о корректности реализации модели акторов.

### Литература

1. Меньшикова Л. В. Способы реализации параллельных вычислений [Электронный ресурс] – <http://www.tsonline.ru/articles2/fix-corp/sposoby-realizatsii-parallelnyh-vychisleniy>





2. Востокин С.В. Templet: язык разметки для параллельного программирования. СГАУ им. академика С.П. Королёва, Самара, 2014.

3. Таненбаум Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. «Питер», Санкт-Петербург, 2003

Ю.В. Орлов

#### ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ СРЕДЫ КОМПЛЕКСНОГО АНАЛИЗА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ОПТИМИЗАЦИИ<sup>4</sup>

(Вычислительный центр им. А.А. Дородницына  
Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Рос-  
сийской академии наук)

Многие задачи глобальной оптимизации относятся к классу NP и их решение требует значительных вычислительных ресурсов. Поэтому представляется целесообразным применение методов параллельных [1,2] и распределенных вычислений [3]. Метод ветвей и границ (МВГ) является одним из наиболее распространенных алгоритмов решения задач дискретной оптимизации. В его основе лежит идея декомпозиции, которая делает естественным применение параллельных вычислений. Обзор различных подходов можно найти в работах [4-6]. Основной проблемой при параллельной реализации методов типа ветвей и границ является адекватная балансировка вычислительной нагрузки между параллельными процессорами. Так как информационный граф алгоритма [7], в данном случае представляющий собой дерево, заранее не известен, особую важность получают методы динамической балансировки, перераспределяющие вычисления в процессе работы в зависимости от загрузки процессоров.

В ближайшее время ожидается, что суперкомпьютеры обретут производительность порядка эксафлопс (около  $10^{18}$  операций с плавающей точкой в секунду). Основным способом увеличения производительности является наращивание количества ядер, число которых в некоторых современных системах уже превосходит  $10^{16}$ . В такой ситуации балансировка нагрузки становится весьма нетривиальной задачей. Следовательно, необходим развитый инструментарий для анализа производительности алгоритмов балансировки. Часто без визуализации, используя одну лишь трассу, выявить причины потери производительности практически невозможно, так как трассы выполнения параллельных программ обычно очень велики по объему и слабо поддаются визуальному анализу.

<sup>4</sup> Работа выполнена при поддержке РФФИ (проекты № 16-07-00873 А и № 16-07-00458 А).



#### Основные принципы работы среды

Для того, чтобы проводить исследование алгоритмов балансировки без проведения ресурсоемких вычислений, был разработан симулятор многопроцессорной системы BNB-Simulator[8] на базе компонентов библиотеки BNB-Solver[9,10]. Данная библиотека предлагает набор модулей для разработки параллельных приложений. Симулятор представляет собой приложение, управляемое через файл настроек settings.json. Он имитирует выполнение реального параллельного приложения. Результатом работы симулятора является трасса, которая имеет тот же формат, что и трасса параллельного приложения, разработанного на основе BNB-Solver.

Среда комплексного анализа позволяет анализировать трассу, загруженную из файла с расширением «.tgc». Таким образом, визуальная среда дает возможность работать с трассой установленного формата, независимо от источника ее получения – реального приложения или симулятора (Рис. 1).

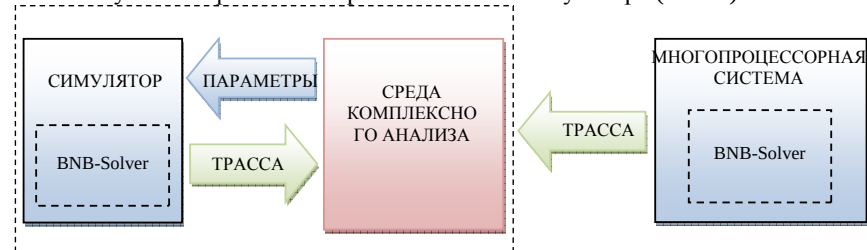


Рис. 1. – Общая схема работы визуальной среды

Схема отображения трассы показана на рис. 2.

Изначально предполагалось, что среда комплексного анализа в процессе своей работы будет хранить данные трассы внутри двумерного массива процессоров размерности  $p \times m$ , где  $p$  – количество процессоров, а  $m$  – количество проработанного времени, измеряемого специальными метками. Однако такой подход оказался неприемлемым при обработке трасс большого размера, так как при превышении лимита оперативной памяти, программа начинает задействовать пространство жесткого диска машины, что в свою очередь значительно замедляло ее работу, а в ряде случаев приводило к аварийному завершению программы.

Таким образом, понадобился более гибкий способ обработки трассы. Было принято решение делить в процессе обработки трассу на множество файлов, состоящих из результирующей и содержательной частей. Содержательная часть описывает работу подмножества процессоров на некотором промежутке времени. Результирующая часть содержит итоговые статистические данные о результате работы подмножества процессоров на установленном промежутке времени. Для обеспечения быстрого доступа к таким данным в процессе счета программы результирующая часть помещается в начале файла.



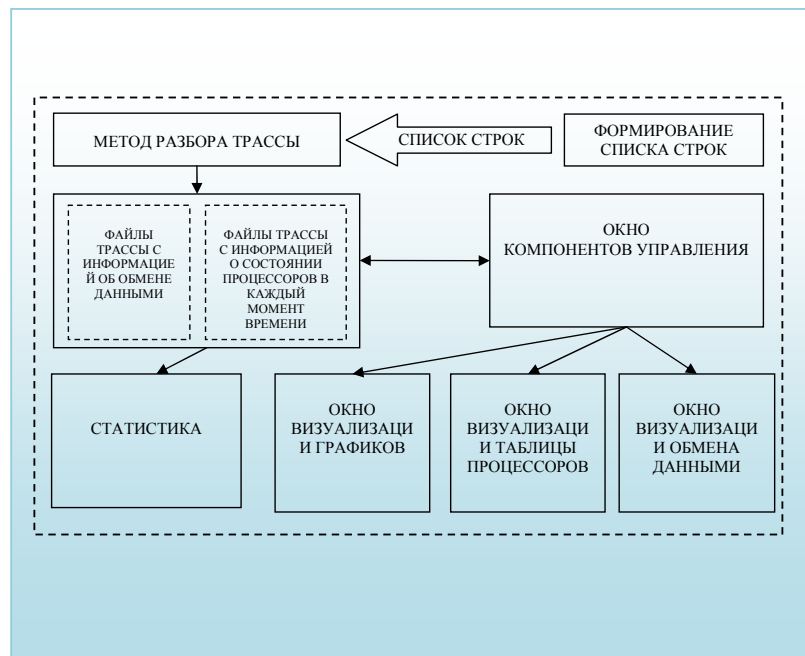


Рис.2. Схема отображения трассы

Для отражения низкоуровневых событий (обмен данными) внутри многопроцессорной системы из трассы извлекается информация о таких событиях и сохраняется в отдельные файлы.

#### Основные компоненты визуальной среды

Окно компонентов управления представляет собой интерфейс, напоминающий мультимедийный проигрыватель. Данное окно содержит полосу прокрутки, максимальное значение которой равно максимальному значению логического времени работы системы, кнопки для управления прокруткой («Rewind», «Play», «Pause», «Stop», «Forward») и слайдер для регулирования скорости воспроизведения действий процессоров.

Для более детального исследования поведения процессов на определенном промежутке времени удобно использовать окно визуализации графиков производительности. В данном окне поведение каждого процесса представлено в виде набора графиков на координатной плоскости, отображающими состояние процесса в конкретный момент времени. Красным цветом отображается состояние ожидания, синим – состояние счета, зеленым – состояние отправки данных другому процессу.

Такой подход удобен при небольшом (не более 10) числе процессоров. Если запуск параллельного приложения осуществляется на довольно большом количестве узлов, удобнее использовать окно визуализации таблицы процессо-



ров. Каждый процесс в данном окне изображен в виде квадрата. В зависимости от своего состояния квадрат меняет цвет. Такой способ визуализации не позволяет нам исследовать поведение процесса на отрезке времени, зато дает возможность видеть состояние всей системы в каждый момент времени ее работы. Для полноценного анализа параллельного алгоритма оптимизации одной лишь информации о состоянии процессов недостаточно. Часто при отладке алгоритма по трассе нужно обладать информацией о коммуникации процессов. С этой целью в среду комплексного анализа было добавлено окно визуализации обмена данными. Визуализация дает возможность выявлять логические ошибки в алгоритме балансировки нагрузки. Так, например, можно выявлять тупиковые ситуации по трассе, используя простейший алгоритм: если все процессы находятся в ожидании на последней метке времени, и при этом не зафиксировано ни одной передачи между ними, можно сделать вывод, что один или несколько процессов захватили ресурсы и по какой-то причине не передали их другим процессам, ожидающим данные ресурсы.

#### Заключение

В данной работе рассмотрены программная реализация и основные функции среды комплексного анализа производительности алгоритмов балансировки в параллельном методе ветвей и границ.

Среда комплексного анализа производительности параллельных алгоритмов оптимизации является удобным и многофункциональным расширяемым средством для исследования алгоритмов балансировки нагрузки процессоров при решении задач глобальной оптимизации методом ветвей и границ. Данное программное средство позволяет осуществлять как визуальный, так и автоматизированный анализ производительности алгоритмов.

#### Литература

1. М. А. Посыпкин, И. Х. Сигал, Исследование алгоритмов параллельных вычислений в задачах дискретной оптимизации ранцевого типа // Ж. вычисл.матем. и матем. физ., 2005, том 45, номер 10, С. 1801–1809.
2. И. Х. Сигал, Я. Л. Бабинская, М. А. Посыпкин Параллельная реализация метода ветвей и границ в задаче коммивояжера на базе библиотеки BNB-Solver комплексах // Труды ИСА РАН 2006. Т. 25, С.26-36.
3. Distributed Computing and Its Applications. // Felicity Press, Bristol, USA, 2005. ISBN: 0-931265-10-2, 298p. Монография (соавторы: S.V. Emelyanov, A.P. Afanasiev, Y.R. Grinberg, V.E. Krivtsov, B.V. Peltserverger, O.V. Sukhoroslov, R.G. Taylor, V.V. Voloshinov).
4. Лупин С. А., Посыпкин М. А. Технологии параллельного программирования: Учеб. пос // Сер. Высш. образ-ние. М.: Форум Инфра-М. – 2008. – Т. 208. – С. 2000.
5. Gendron B., Crainic T. G. Parallel branch-and-bound algorithms: Survey and synthesis // Operations research. – 1994. – Т. 42. – №. 6. – С. 1042-1066.
6. Стронгин Р. Г., Гергель В. П., Баркалов К. А. Параллельные методы решения задач глобальной оптимизации // Известия высших учебных заведений. Приборостроение. – 2009. – Т. 52. – №. 10. – С. 25-33.



7. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. БХВ-Петербург. 2002. С. 329. 13.

8. Страница проекта BNB-Simulator <https://github.com/fominandrey/bnb-simulator>.

9. Evtushenko Y., Posypkin M., Sigal I. A framework for parallel large-scale global optimization //Computer Science-Research and Development. 2009. Т. 23. №. 3-4. С. 211-215.

10. Страница проекта BNB-Solver <https://github.com/mposypkin/BNB-solver>.

Е.В. Пальчевский, А.Р. Халиков

## ПАРАЛЛЕЛИЗАЦИЯ НАГРУЗКИ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО ЯДРА В UNIX-СИСТЕМАХ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

В данной статье рассматривается задача максимального увеличения пропускной способности сетевого стека с взаимодействием аппаратно-программного ядра для обеспечения стабильности работы физического сервера [1]. Анализируется возможность принимать до десяти миллионов входящих сетевых пакетов с помощью программных средств физического сервера, которая позволяет обеспечить стабильную обработку информации для бесперебойной работы при DDoS-атаках.

При DDoS-атаках, в программном ядре, происходят многочисленные сбои, ошибки и перегрузки [2]. Это приводит к замедленной работе всей электронно-вычислительной машины и происходит повышение нагрузки на центральные процессоры. Данные по мощности внешних сетевых угроз, за счет которых можно произвести сетевую перегрузку, представлены на рисунке 1.

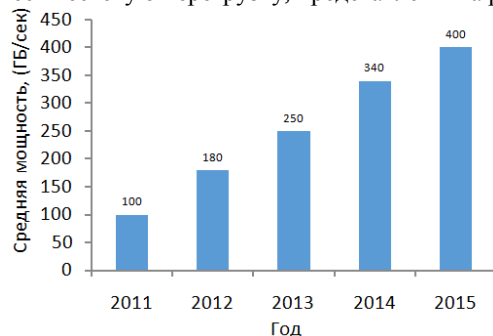


Рисунок 1 – График DDoS-атак в годовом эквиваленте за 2011-2015 [2]

Параллелизация программного ядра – это равномерное распределение нагрузочной способности центральных процессоров по физическим ядрам сервера. Подобная операция дает возможность повысить производительность [3].



Появляется возможность повышения устойчивости против разносторонней отправки вредоносного сетевого трафика, направленного с разных ЭВМ [4, 5].

### 1. Перераспределение нагрузки по физическим ядрам

Для перераспределения нагрузки по ядрам, необходимо включить технологию «PROMISC», за счет этого в сетевом стеке срабатывает ускорительный режим для одного ядра пакетов [6]. Становится возможным многократное увеличение входящих сетевых пакетов. Запуск производится командой «*ifconfig eth6 promisc*». При DDoS-атаке, после проделанной процедуры, возникает загруженность первого ядра на максимально возможную. Это позволяет распределять нагрузки TCP/IP-стека по всем ядрам сервера.

Для того, чтобы организовать просмотр скорости (кбит/с) внешнего сетевого интерфейса нужно применить разработанный скрипт, фрагмент которого написан на языке программирования «BASH» [7]:

```
#!/bin/bash
R1=`cat /sys/class/net/$1/statistics/rx_packets`
T1=`cat /sys/class/net/$1/statistics/tx_packets`
sleep $INTERVAL
R2=`cat /sys/class/net/$1/statistics/rx_packets`
T2=`cat /sys/class/net/$1/statistics/tx_packets`
TXPPS=`expr $T2 - $T1`
RXPPS=`expr $R2 - $R1`
echo "TX $1: $TXPPS pkts/s RX $1: $RXPPS pkts/s"
done
```

Пример использования вышеприведенного кода, в скриптовом файле: «*bash /root/speed.sh eth0*». Файл «*speed.sh*» создается в системной папке «*root*», с помощью команды «*touch speed.sh*», со вставкой программных строк, которые приведены выше. В ответ, при DDoS-атаке, будет выведено сообщение о том, что скорость на внешнем интерфейсе около четырех миллионов пакетов в секунду. Количественная размерность сетевых пакетов зависит от настроек физического сервера.

Таблица – 1 Нагрузка на ядра при применении оптимизации распределенной нагрузки на физический сервер

| № ядра      | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Нагрузка, % | 55,1 | 52,5 | 62,5 | 62,5 | 57,7 | 47,7 | 55,9 | 61,4 | 55,1 | 52,5 | 62,5 | 62,5 |
| № ядра      | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |
| Нагрузка, % | 57,7 | 47,7 | 55,9 | 61,4 | 55,1 | 52,5 | 62,5 | 62,5 | 57,7 | 47,7 | 55,9 | 61,4 |

Для того, чтобы уменьшить нагрузку на первом ядре, был написан специальный скрипт на языке программирования «BASH», который позволяет реализовать возможность равномерного распределения нагрузки по всем физическим ядрам:



```
#!/bin/bash
ncpus=`grep -ciw ^processor /proc/cpuinfo`
test "$ncpus" -gt 1 || exit 1
n=0
for irq in `cat /proc/interrupts | grep eth | awk '{print $1}' | sed s/://g`
do
    f="/proc/irq/$irq/smp_affinity"
    test -r "$f" || continue
    cpu=$((ncpus - ($n % ncpus) - 1)
    if [ $cpu -ge 0 ]
    then
        mask=`printf %x $((2 ** cpu))`
        echo "Assign SMP affinity: eth queue $n, irq $irq, cpu $cpu, mask 0x$mask"
        echo "$mask" > "$f"
        let n+=1
    fi
done
```

После запуска вышеприведенного кода, при атаке в  $6 \times 10^6$  входящих пакетов в секунду, повысилась производительность CPU в несколько раз (за счет распределения нагрузочной способности на центральные процессоры), что представлено в таблице 1.

С помощью двух скриптов «BASH» достигли повышенной производительности при принятии сетевых пакетов TCP/IP стеком.

## 2. Разработка и использование алгоритма для равномерной нагрузки на ядра

Для оптимизации аппаратно-программного ядра написан код на языке программирования C++, алгоритм которого предназначен для сдерживания атаки до  $10 \times 10^6$  пакетов в секунду, посредством равномерно распределенной нагрузки на физические серверы.

Таблица – 2 Оптимизированный вариант  
нагрузки на ядра сервера

| № ядра      | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Нагрузка, % | 25,1 | 22,5 | 32,5 | 32,5 | 27,7 | 17,7 | 25,9 | 31,4 | 25,1 | 22,5 | 32,5 | 32,5 |
| № ядра      | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   | 21   | 22   | 23   | 24   |
| Нагрузка, % | 27,7 | 17,7 | 31,4 | 25,9 | 31,4 | 25,1 | 22,5 | 32,5 | 32,5 | 27,7 | 17,7 | 31,4 |

Многочисленное тестирование показало, что разработанный алгоритм не вызывает ошибок в ядре, фрагмент кода, отвечающий за переключения свитча в режим «PROMISC», приведен ниже. Режим «PROMISC» позволяет принимать сетевой плате все входящие пакеты, которые направлены различным адресатам, находящемуся на физическом сервере.



```
struct sockaddr_ll bind_address; memset(&bind_address, 0, sizeof(bind_address));
bind_address.sll_family = AF_PACKET;
bind_address.sll_protocol = htons(ETH_P_ALL);
bind_address.sll_ifindex = interface_number;
struct tpacket_req3 req; memset(&req, 0, sizeof(req));
req.tp_block_size = blocksiz; req.tp_frame_size = framesiz;
req.tp_block_nr = blocknum; req.tp_frame_nr = (blocksiz * blocknum) / framesiz;
req.tp_retire_blk_tov = 60; // Timeout in msec
req.tp_feature_req_word = TP_FT_REQ_FILL_RXHASH;
int setsockopt_rx_ring = setsockopt(packet_socket, SOL_PACKET, PACKET_RX_RING,
(void*)&req, sizeof(req));
```

Операционная система, на ядре LINUX версии «4.5.2», в, вышеприведенном алгоритме, увеличила показатели производительности фактически в 2.5 раза (см. таблицу 2). Тестирование проводилось на следующей конфигурации (машине):

- CPU 2 x Intel Xeon 5660 (в сумме 12 ядер / 24 потока по 2.8GHz, 12Mb Cache, 6.40 GT/s)
- RAM 48Gb DDR3-10600 ECC REG;
- Intel S3710 SSDSC2BA012T401

После выполнения вышеперечисленных методов равномерная нагрузка на физических ядрах позволяет увеличить производительность физического сервера и повышает пропускную сетевую способность в несколько раз.

### Вывод

В данной статье была рассмотрена возможность увеличения нагрузочной способности физического сервера для обеспечения отказоустойчивости к DDoS-атакам типа «SYN», в которых имеется многомиллионное сочетание сетевых пакетов. Это делает возможным в кратчайшие сроки заполнить канал и сетевой стек и выводит физический сервер из зоны удаленного обслуживания. Были приведены как примеры кодов на языках «C++» и «BASH», которые помогли организовать мульти-оптимизацию так, и представлено тестирование разработанных алгоритмов. На начальной стадии, получена возможность обработки сетевых пакетов, размерность которых составляет порядка 4 миллионов. После применения двух специальных скриптов, нагрузка на физические ядра снизилась и, за счет этого, стало возможным принимать сетевые пакеты до 6 миллионов в секунду. Разработанный алгоритм на языке высокого уровня «C++», позволил более эффективно снизить нагрузку на физические ядра сервера и обрабатывать сетевые пакеты до  $10 \times 10^6$  в секунду. В конечном результате, представленный алгоритм, может применяться для сдерживания DDoS-атаки различных типов и видов.

### Литература

1. Crist E.F., Keijser J.J. Mastering OpenVPN / E.F. Crist., Keijser J.J. – Изд-во: «Packt Publishing», – 2015. – 364 с.



2. Palchevsky E., Khalikov A. TCP/IP network STACK optimization under high load on UNIX-like systems // DSPTech'2015. Proceedings v.1. USATU, UFA, 2015. – С. 130-135.

3. Ватаманюк, А.К. Создание, обслуживание и администрирование сетей на 100% / А.К. Ватаманюк – Изд-во: «Питер», – 2010. – 350 с.

4. Dubrova E. Fault-Tolerant Design / E. Dubrova – Изд-во: «Springer», 2013. – 185 с.

5. Pao C., Стивенс У. UNIX. Профессиональное программирование, 3-е издание – / С. Pao, У. Стивенс – Изд-во: «Санкт-Петербург», 2013. – 1104 с.

6. Krylov V., Kravtsov K. DDoS attack and interception resistance IP fast hopping based protocol // 23rd international conference on software engineering and data engineering, sede 2014. New Orleans, LA, 2014. – С. 43-48.

7. Блум Р., Бреснахэн К. Командная строка Linux и сценарии оболочки / Р. Блум, К. Бреснахэн – Изд-во: «Вильямс», 2013. – 784 с.

С.О. Пономаренко, Р.Р. Диязитдинов

## ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ НА ИСТОЧНИК СИГНАЛА В SMART-АНТЕННАХ

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций  
и информатики)

В настоящее время разрабатываются устройства приема и способы предоставления связи, которые постепенно расширяют границы использования мобильных устройств, преодолевая эти препятствия. Одной из перспективных в коммерческом плане разработок являются Smart-антенны, теоретические основы которых были заложены не так давно – 10-15 лет назад.

«Умные» антенны являются разновидностью секторных антенн, имеющие ряд преимуществ. Проще говоря, основной принцип работы Smart-антенн – формирование диаграммы направленности в направлении полезного сигнала и глубокое подавление ДН в направлении помех (см. Рис.1). Их главная особенность заключается в том, что при особой структуре антенной решетки они могут формировать диаграмму направленности в зависимости от места положения абонента. За счет этих особенностей SMART-антенны выигрывают в сравнении с другими видами антенн.

Проектирование Smart-антенн представляет собой сложный комплексный процесс, при котором необходимо задействовать множество различных математических алгоритмов, а также использовать реальные устройства. Также существует ряд проблем связанных с настройкой Smart-антенн и их юстировкой. В результате этого, основным подходом к анализу и расчету Smart-антенн является компьютерное моделирование.

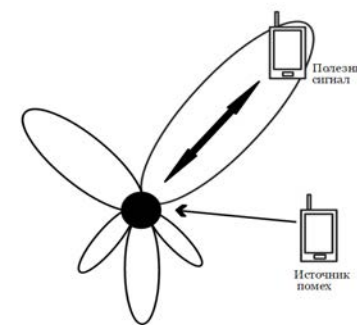


Рис.1 – Принцип работы Smart-антенн

Пусть Smart-антенна состоит из двух элементов, расстояние между которыми равно  $d$ . На антенну приходит два сигнала:

- $S(t)$  – полезный сигнал;
- $N(t)$  – мешающий сигнал.

Весовые коэффициенты для антенной решетки, состоящей из двух элементов:

$$w = \begin{pmatrix} w_{11} \\ w_{12} \\ w_{21} \\ w_{22} \end{pmatrix};$$

Зная весовые коэффициенты можно найти коэффициент усиления по формуле:  $G = 10 \lg \left( \frac{w^T \cdot a(\theta_s)^2}{w^H w} \right) [1]$ .

В работе моделируется ошибка определения направления на источник сигнала. Для этого вводится отклонение угла прихода сигнала-помехи от номинального значения. Для определения характеристик было разработано модельное программное обеспечение, графический интерфейс которого представлен на рис. 2.

Отклонение угла прихода помехи приводит к тому, что весовые коэффициенты усиления не совпадают с весовыми коэффициентами для номинальных значений. А это в свою очередь ведет к появлению погрешностей в усилении сигналов (см. рис. 3).

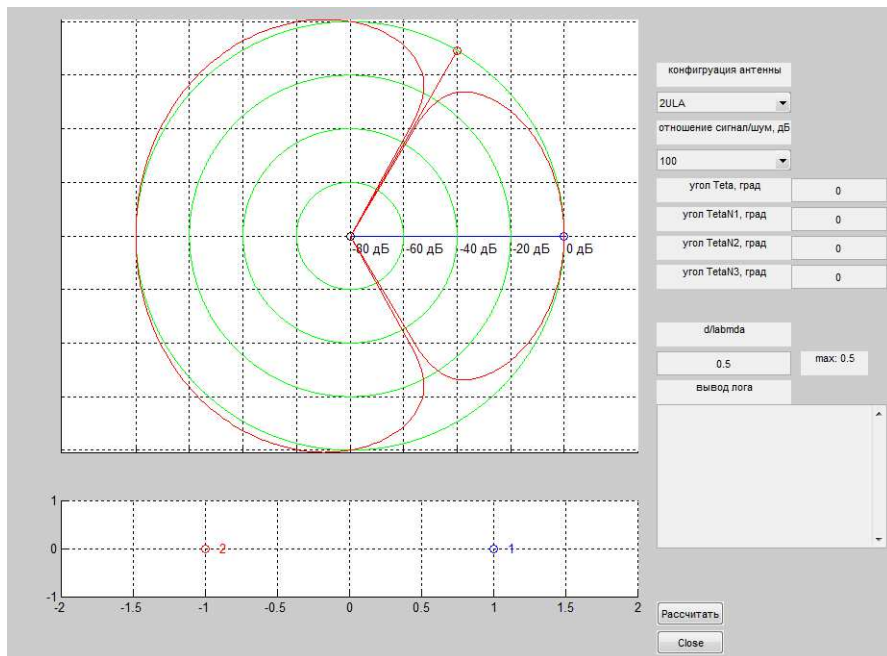


Рис. 2 – Экранная форма разработанной программы

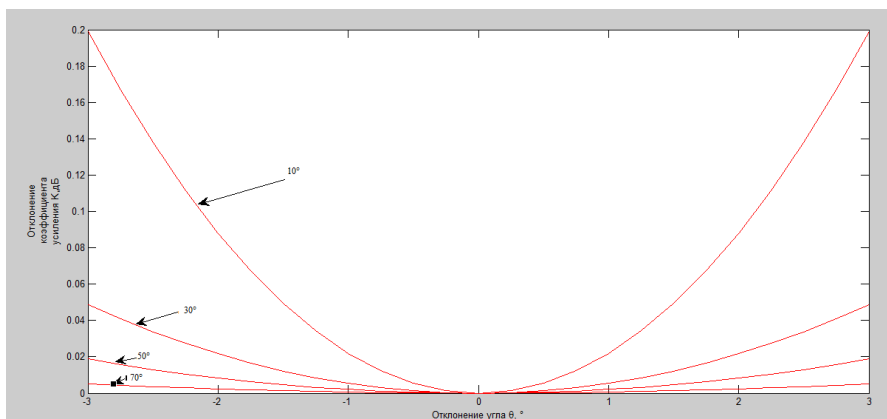


Рис. 3 – График зависимости коэффициента усиления от отклонения угла приема полезного сигнала при различных углах между лучом приема полезного сигнала и углом приема помехи (антенна с двумя элементами)



Исходя из полученных графиков (см. рис. 3), можно получить следующие выводы:

1. Чем выше разность углов между принимаемыми полезным и помеховыми сигналами, тем выше погрешность усиления, при ошибке определения направления на источник сигнала. При данном угле прихода полезного сигнала, ослабление сигнала может достигать 0,2 дБ, хотя при данной оценки не участвует влияние со стороны помехового сигнала, так как он не был подавлен полностью.
2. Чем меньше ошибка в определении направления на источник сигнала, тем более точно можно получить коэффициент усиления.

### Литература

1. Баланис К.А. Введение в смарт-антенны. [Текст] / К. А. Баланис, П.И. Ионидес. – М.: Техносфера, 2012. – 200 с.

М.А. Посыпкин

### ОТКРЫТАЯ ПРОГРАММНАЯ АРХИТЕКТУРА ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ ОПТИМИЗАЦИИ

(Вычислительный центр им. А.А. Дородницына  
Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук)

В последнее время значительный интерес и внимание ученых вызывает детерминированная глобальная оптимизация, в рамках которой удастся не только получить решение, но и численно доказать его точность [1]. Такие алгоритмы обычно очень трудоемки в вычислительном отношении. Одним из способов решения проблемы высокой ресурсоемкости алгоритмов, гарантирующих оптимальность решения, является применение методов параллельных и распределенных вычислений [2].

Вычислительная схема ветвей и границ является основой для реализации многих методов оптимизации, в частности, метода неравномерных покрытий [1,3], методов ветвей и отсечений [3], многих методов дискретной оптимизации. Отличаясь в деталях, варианты МВГ для различных задач имеют общую базовую схему, которая состоит в декомпозиции исходной задачи на подзадачи с последующей обработкой подзадачи и их «отсевом». Отсевом называется исключение подзадачи из дальнейшего рассмотрения по некоторым правилам. Наличие общей схемы дает возможность эффективно разделить проблемно-зависимую и проблемно-независимые части в программном комплексе.

В основу разрабатываемой программной архитектуры положены принципы расширяемости. Разделение проблемно-зависимой и независимой составляющих дает возможность легко добавлять новые алгоритмы на основе МВГ, оставляя неизменной параллельную часть. Разработан программный комплекс



для решения задач детерминированными методами, основанными на методе ветвей и границ (МВГ). Параллельная реализация ориентирована на параллельные системы с распределенной памятью и использует MPI [4].

Основной проблемой при реализации метода ветвей и границ на многопроцессорных системах является обеспечение равномерной загрузки процессоров. Для этого применяются методы балансировки нагрузки, которые перераспределяют эту нагрузку в процессе расчетов. В предлагаемом программном комплексе балансировщик выделен в отдельный модуль, а для описания управления балансировкой применяется формализм конечных автоматов. Это позволяет не только отделить детали реализации численного метода от логики распределения вычислительной нагрузки, но и открывает широкие перспективы по исследованию алгоритмов балансировки методами имитационного моделирования.

В рамках проекта по созданию открытой программной архитектуры для оптимизации на высокопроизводительных вычислительных системах был разработан симулятор параллельной системы [5], который позволяет выполнять алгоритм балансировки нагрузки, имитируя распределенную работу метода ветвей и границ, а также передачу данных между параллельными процессами. Для имитации МВГ используется случайный ветвящийся процесс с вероятностью ветвления, уменьшающейся пропорционально удалению от корня дерева. В основу моделирования положена концепция логических часов. Вместо реального решения подзадачи производится сдвиг логического таймера на заданную величину. Передача данных моделируется аналогично, при этом, время на принимающем процессе полагается равным временной метке полученного сообщения. Для облегчения изучения методов балансировки нагрузки разработана графическая среда [6], показывающая загрузку процессоров в разные моменты времени, визуализирующая обмены между ними. С помощью разработанной среды можно изучать как трассы реального выполнения, так и трассы, собранные при помощи симулятора.

### Литература

1. Евтушенко Ю. Г. Численный метод поиска глобального экстремума функций (перебор на неравномерной сетке) // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 1971. – Т. 11. – №. 6. – С. 1390-1403.
2. Стронгин Р. Г. и др. Параллельные вычисления в задачах глобальной оптимизации–М // М.: Издательство Московского университета. – 2013.
3. Евтушенко Ю. Г., Посыпкин М. А. Применение метода неравномерных покрытий для глобальной оптимизации частично целочисленных нелинейных задач // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2011. – Т. 51. – №. 8. – С. 1376-1389.
4. Snir M. MPI--the Complete Reference: The MPI core. – MIT press, 1998. – Т. 1.



5. Фомин А. Л. A software simulation tool for the parallel branch and bound method implementation // International Journal of Open Information Technologies. – 2015. – Т. 3. – №. 11. – С. 10-15.

6. Орлов Ю. В. Среда комплексного анализа производительности алгоритмов балансировки в параллельном методе ветвей и границ // International Journal of Open Information Technologies. – 2015. – Т. 3. – №. 9.

И.Д. Семенов, Е.И. Чигарина

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ ДОСТУПА К ДАННЫМ В СИСТЕМАХ БАЗ ДАННЫХ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Во всех современных автоматизированных информационных системах используются различные средства для долговременного хранения данных и функции доступа к ним. В настоящее время повышаются требования к скорости обработки данных, и большинство операций нецелесообразно выполнять вручную. Для того, чтобы наиболее полно использовать возможностям того или иного сервера баз данных, необходимо работать с ним напрямую. Это означает полную зависимость приложения от используемого сервера и сложность перехода на другую платформу, так как возникнет необходимость переписывать большое количество кода. Данный вопрос призваны решить различные технологии доступа к данным, являющиеся прослойкой между конкретным сервером и приложением пользователя, предоставляя программисту простой унифицированный механизм работы с данными.

Технологией доступа к данным называется система интерфейсов, обеспечивающая взаимодействие между приложением и базой данных. Во многих системах управления базами данных имеются библиотеки, содержащие интерфейсы прикладного программирования (application programming interface — API), представляющие собой функции, при помощи которых можно выполнять с данными те или иные действия.

На сегодняшний день существует множество технологий доступа к данным, таких как BDE, OLE, ODBC, ADO, и до сих пор разрабатываются новые, более надежные, удобные в работе и более быстродействующие технологии.

На выбор технологии доступа влияет выбор средства разработки приложения и средства реализации базы данных.

На данный момент одними из наиболее популярных и используемых языков программирования являются объектно-ориентированные языки Java и C#. Основным преимуществом языка Java является кроссплатформенность. Язык C# был разработан как язык разработки приложений платформы Microsoft .NET Framework. Платформа .NET основана на использовании общей среды выполнения кода CLR (Common Language Environment), подобно виртуальной Java-





машине, что делает ее удобным инструментом для работы со многими языками программирования.

В настоящее время широкое распространение получили распределенные системы – собрание независимых компьютеров (узлов), соединенных сетью и ПО, обеспечивающих их совместное функционирование. Наиболее популярной является трехуровневая модель, состоящая из трех слоев: слоя данных, слоя бизнес-логики и слоя клиента [1]. Важным этапом функционирования системы является взаимодействие между слоями бизнес-логики и данных. На этом этапе происходит установка соединения, формирование запросов и обработка результатов.

Ввиду широкого использования приложений, разработанных на платформе .NET и программ, написанных на языке Java, было принято решение использовать для анализа следующие технологии доступа к данным: ADO.NET и JDBC.

ADO.NET представляет собой набор библиотек, входящих в Microsoft .NET Framework и предназначенных для взаимодействия с различными хранилищами данных из .NET-приложений. Библиотеки ADO.NET включают все необходимые классы для подключения к источникам данных практически произвольного формата, выполнения запросов к этим источникам и получения результата. ADO.NET можно использовать в качестве средства создания масштабируемых приложений, ориентированных на Web-технологии [2].

Взаимодействие Java-программы с внешним сервером баз данных осуществляется посредством специализированного протокола, отвечающего за совместимость Java с базами данных (Java Database Connectivity, JDBC). Он построен на принципах интерфейса ODBC и применяется для стандартизации Java-кода при организации доступа к различным СУБД.

В данной работе проводится сравнительный анализ выбранных технологий доступа к данным на примере работы с основными объектами баз данных для выявления преимуществ и недостатков их использования при работе с различными СУБД. В качестве средств реализации баз данных выбраны следующие СУБД: MySQL, MS SQL Server, PostgreSQL и Oracle, которые занимают ведущие позиции среди серверных СУБД и широко используются при разработке распределенных систем. Для сравнения технологий доступа к данным выполняется изучение особенностей средств реализации соединения с СУБД, средств подготовки запросов с их последующим выполнением, а также предоставляемые каждой из технологий доступа возможности по работе с полученными данными.

В качестве сравнительных характеристик рассматриваемых технологий доступа были выбраны следующие параметры:

- время, требуемое для соединения с каждой из СУБД;
- время выполнения запросов, работающих со сложными структурами данных;
- время выполнения операций ведения данных;
- время работы с хранимыми процедурами, функциями, видами.



Время исполнения запросов оценивается с учетом количества записей, количества соединений между таблицами, особенностей типов данных.

### Литература

1. Трехзвенная архитектура с сервером приложений [Электронный ресурс]. – <https://moodle.vsu.ru/mod/book/view.php?id=12520&chapterid=237>
2. Использование баз данных в приложениях ASP.NET [Электронный ресурс]. – <http://www.intuit.ru/studies/courses/1139/250/lecture/6440?page=1>.

Е.Г. Скорюпина, С.В. Востокин

### АНАЛИЗ РЕАЛИЗАЦИЙ АКТОРНОЙ МОДЕЛИ НА ПЛАТФОРМЕ JAVA

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Выполнение задач управления и распределенного взаимодействия в сетях динамических систем подразумевает распределение пакета заданий между несколькими вычислительными потоками (устройствами), что позволяет эффективно использовать многоядерные системы. В основе модели программирования, принятой в языках, аналогичных Java, лежат потоки. Помимо потоковой модели существуют другие подходы к параллелизму. Одним из таких подходов, который приобретает все большую популярность среди разработчиков на Java, является акторная модель.

В основе акторной модели вместо параллельных потоков, взаимодействующих при помощи общей памяти и блокировок, лежат так называемые «акторы», которые обмениваются асинхронными сообщениями при помощи специальных почтовых ящиков. В ответ на полученные сообщения, актор может принимать локальные решения, создавать акторов, посылать сообщения, а также устанавливать, как следует реагировать на последующие сообщения [1].

Почтовые ящики не предоставляют процессам доступа к общей памяти. Акторы выступают в роли изолированных и независимых друг от друга объектов, не использующих разделяемую память при взаимодействии. Данная модель не подразумевает синхронизирующие блокировки, что устраняет связанные с ними потенциальные проблемы, такие как взаимные блокировки или состояние состязания при попытке одновременного чтения/записи данных разными потоками. Таким образом, эта модель значительно безопаснее в силу отсутствия ошибок синхронизации, характерных для многопоточного программирования [1-3]

Акторная модель напрямую не поддерживается платформой Java, однако существует ряд библиотек, реализующих эту модель, в частности Kilim, Actors Guild, ActorFoundry, Akka. Работа библиотек основана на преобразовании байт-кода во время компиляции или во время выполнения программы.



В фреймворке Kilim акторы представлены типом Task, являются легко-весными потоками и взаимодействуют между собой при помощи типа Mailbox. Обработка байт-кода классов выполняется специальным процессом, называемым «weaver». На этапе исполнения планировщик управляет пулом потоков ядра ограниченного размера, позволяющим выполнять множество легко-весных потоков с минимальными затратами на запуск и переключение контекста [2].

Основное отличие ActorFoundry от Kilim – предоставляемый интерфейс программирования приложений (API), а также дополнение кода приложения сгенерированным кодом на этапе сборки, после чего процесс «weaver» обрабатывает байт-код классов.

Actors Guild работает на этапе исполнения программы, динамически изменяя байт-код при помощи библиотеки ASM. Данное решение сравнительно легко интегрировать в проект, по сравнению с Kilim или ActorFoundry. Основные задачи, которые позволяет решить библиотека ASM, – это анализ, изменение существующих class-файлов и генерация новых class-файлов, представленных в формате байт-кодов JVM.

В фреймворке Akka акторы являются динамическими активными объектами [4], поэтому создаются при помощи специального метода actorOf(). Когда актор начинает функционировать, Akka помещает его в реестр, так что он становится доступным, пока не будет остановлен. В Akka реализовано три типа отправки сообщений – fire-and-forget («отправил и забыл», асинхронная отправка сообщения без ожидания результата), request-reply («вопрос-ответ», отправка сообщения и ожидание ответа, синхронный режим), request-reply-with-future («отправить и получить ответ в будущем», отправка сообщения и получение ответа дальше по коду с помощью специального объекта).

Функциональность акторной модели можно реализовать с использованием стандартной модели потоков Java, основанной на классе Thread. Дальнейшее исследование предполагает проверку трудоёмкости и сравнительной эффективности акторного кода при выполнении нагрузочных тестов по сравнению с описанными акторными библиотеками. В качестве технологии преобразования API потоков в акторную модель будет рассмотрена технология, применяемая в системе Templet [5] для программирования в модели акторов на языке C++.

### Литература

1. Ага Г., Мейсон И., Смит С., Талкотт К. Основания для вычислений акторов / Journal of Functional Programming, 1993.
2. Вторая волна разработки Java-приложений: Представляем Kilim [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ibm.com/developerworks/ru/library/j-javadev2-7/>
3. Srinivasan S., Mycroft A. Kilim: Isolation-Typed Actors for Java (A Million Actors, Safe Zero-Copy Communication), University of Cambridge Computer Laboratory [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.cl.cam.ac.uk/research/srg/opera/publications/papers/kilim\\_ecoop08.pdf](https://www.cl.cam.ac.uk/research/srg/opera/publications/papers/kilim_ecoop08.pdf)



4. Subramanian V. Programming concurrency on the JVM. Mastering synchronization, STM, Actors – Pragmatic Programmers, LLC, USA 2011.

5. Востокин, С.В. Препроцессор языка Templet: инструмент программирования в терминах модели «процесс-сообщение» / Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. Науки, 3(36) (2014), 169–182.

А.В. Трошин, В.А. Лапшин

### КОЛЬЦЕВОЕ И ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ РЕЗЕРВИРОВАНИЕ В СЕТЯХ ETHERNET

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций  
и информатики)

Одним из основных способов повышения надежности сетей Ethernet является включение дополнительных линий между коммутаторами для создания избыточности на втором уровне модели OSI. В случае отказа одной из линий трафик передается по резервному маршруту. Однако такое решение может приводить к появлению петель, когда кадры проходят один и тот же маршрут не доходя до узла назначения. Для устранения петель в сетях Ethernet применяется протокол STP (Spanning Tree Protocol) и его различные модификации. При работе данного протокола каждый коммутатор рассылает специальные BPDU (Bridge Protocol Data Unit) кадры через все свои активные интерфейсы второго уровня для определения корневого коммутатора. Корневой коммутатор служит для построения "дерева" маршрутов до всех узлов второго уровня, все избыточные линии не входящие в это "дерево" блокируются. В случае отказа какой-либо линии, входящей в дерево маршрутов, происходит переконфигурация "дерева" с подключением альтернативного маршрута и разблокирования резервных линий. Основными недостатками STP являются: достаточно большое время сходимости – до нескольких десятков секунд, резко возрастающее при большом числе коммутаторов; низкая эффективность использования ресурсов сети из-за того, что пропускная способность резервных линий не используется. Для повышения скорости сходимости и эффективности STP в настоящее время в сетях Ethernet широко используют различные модификации протокола STP, такие как RSTP, PVST+, MSTP. Данные модификации хотя и позволяют повысить время сходимости STP до нескольких секунд, но даже такое время восстановления связи может не удовлетворять требованиям современных гигабитных сетей Ethernet, задействованных для обработки трафика реального времени в центрах обработки данных.

Одним из альтернативных способов реализации резервирования в сетях Ethernet является применение кольцевой топологии для построения сети с использованием специально разработанного для данной топологии протокола MRP (Media Redundancy Protocol). Данный протокол описан в стандарте IEC 62439-2. В кольцевой топологии, состоящей из не более чем 50 коммутаторов, назначается ведущий – MRM (Media Redundancy Manager), остальные коммута-



торы считаются ведомыми - MRC (Media Redundancy Client). MRM коммутатор проверяет целостность кольца, посылая специальные кадры в одном направлении и принимая их с другого. В нормальном режиме - "замкнутое кольцо" (Ring-Closed) все кадры с противоположного направления отбрасываются MRM. При выходе из строя линии или коммутатора в кольцо, происходит переключение в так режим "разомкнутого кольца" (Ring-Open), когда MRM начинает отправлять кадры в оба направления. Преимуществом кольцевого резервирования является стабильно низкое время переключения при отказе - до 200 мс. Однако для многих приложений может быть неприемлемым как кольцевая топология сети, так и даже настолько малое время восстановления.

Для параллельного резервирования между любыми двумя узлами сети создается два маршрута, идентичные кадры посылаются одновременно по каждому из маршрутов. В случае отказа одного маршрута кадры продолжают поступать через параллельный, вследствие этого отказ практически никак не сказывается на работе конечных приложений. Таким образом конечный узел в нормальном режиме всегда должен получать два одинаковых кадра, получение одного кадра сигнализирует об отказе одного из маршрутов. Для реализации параллельного резервирования разработан протокол PRP (Parallel Redundancy Protocol), стандартизированный как IEC 62439-3. Протокол PRP для работы фактически требует наличия двух параллельных Ethernet-сетей, поэтому для реализации общей сети, как правило, используется топология двойной звезды. В каждой отдельной сети может применяться дополнительное резервирование на основе протокола STP. Необходимо тщательное проектирование сети с резервированием PRP, так как любая связь между параллельными сетями может привести к мгновенному отказу обеих сетей вследствие образования петлевых маршрутов. К преимуществам PRP необходимо отнести отсутствие какой-либо специально поддержки протокола на промежуточных коммутаторах, что облегчает реализацию сетей с PRP. Поддержка PRP необходима только на конечных узлах, которые называют DANP (Double Attached Node for PRP), они должны иметь два сетевых подключения к каждой отдельной сети и проводить проверку дублирования поступающих кадров. Преимуществами протокола PRP являются: нулевое время восстановления работоспособности при отказах, отсутствие каких-либо специальных требований к топологии. Главный недостаток состоит в необходимости удвоения ресурсов сети, что значительно увеличивает стоимость реализации.

Для кольцевой топологии существует адаптация протокола PRP - HSR (High -availability Seamless Redundancy). Как и в PRP, в HSR присутствует два параллельных маршрута, но реализованных в кольцевой топологии. По каждому кольцевому маршруту параллельно передаются идентичные кадры. Каждый HSR-коммутатор отбирает из кадров предназначенные для подключенных к нему узлов. Для отбрасывания дублированных кадров используется специальный заголовок, что требует специальной поддержки функций HSR на коммутаторах. К преимуществам HSR можно отнести более высокую скорость обработки кад-



ров в сравнении с PRP. Недостатки HSR аналогичны недостаткам PRP, к которым добавляется необходимость поддержки функций HSR на коммутаторах.

На основе проведенного анализа можно сделать выводы о том, что пока существующие технологии традиционного, кольцевого и параллельного резервирования в сетях Ethernet далеки от идеала и не обладают достаточной гибкостью в сочетании с низкими затратами на реализацию. Необходимы дальнейшие исследования по их совершенствованию и поиску альтернативных решений, возможно совмещающих резервирование на втором и третьем уровнях модели OSI.

### Литература

1. Стандарт IEEE 802.1D [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.1D-2004.pdf>
2. Стандарт IEC 62439-2:2010 / Industrial communication networks - High availability automation networks - Part 2: Media Redundancy Protocol (MRP) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://webstore.iec.ch/publication/7017>
3. Стандарт IEC 62439-3:2010 / Industrial communication networks - High availability automation networks - Part 3: Parallel Redundancy Protocol (PRP) and High-availability Seamless Redundancy (HSR) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://webstore.iec.ch/publication/20490>

М.В. Терёхин, Е.И. Чигарина

### КЛАССИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОКОННЫХ ФУНКЦИЙ В СИСТЕМАХ РЕЛЯЦИОННЫХ БАЗ ДАННЫХ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

В системах баз данных одной из основных задач является задача сокращения времени выполнения запросов при работе с данными с использованием минимального объема памяти, то есть задача эффективного выполнения запросов.

В настоящее время наибольшее распространение получили реляционные базы данных, для работы с которыми используется язык SQL (Structured Query Language – язык структурированных запросов) [1]. В языке SQL постоянно совершенствуются команды запросов для более эффективного их выполнения. В частности, в стандарте языка SQL для реализации аналитических задач стали использоваться многочисленные функции, оперирующие окнами.

В настоящее время не существует четкой классификации оконных функций в зависимости от их назначения и использования, а также не проводился анализ эффективности выполнения запросов с использованием оконных функций по сравнению с традиционными запросами без них. В реляционных базах данных традиционно используются скалярные и агрегатные функции. Агрегат-



ные функции выполняют вычисления над группой значений столбца и всегда возвращают одно значение результата этих вычислений. Скалярные функции – это функции, которые возвращают одно значение, работая с одним значением или вообще без входных данных. В отличие от этих функций оконные функции берут в качестве аргумента таблицу, представляющую логический промежуточный результат обработки SQL-оператора, где использовано обращение к такой функции, и возвращают в качестве своего результата обычно тоже таблицу [2]. Другими словами, одно из главных отличий оконных функций от обычных, скалярных, заключается в том, что этот класс операторов работает с готовой выборкой. Именно поэтому эти функции указываются в списке выборки или в условии сортировки [3].

Цель введения оконных функций – дать лаконичную формулировку и увеличить скорость выполнения запросов к БД, имеющих смыслом выявление внутренних соотношений и зависимостей между данными.

Оконные функции принимают в качестве аргумента столбец промежуточного результата вычисления SQL-предложения и возвращают тоже столбец. Поэтому местом их использования в SQL-предложении могут быть только фразы ORDER BY и SELECT, выполняющие завершающую обработку логического промежуточного результата. В результате анализа применения оконных функций выделены их варианты использования в сочетании с функциями ранжирования, функциями подсчета долей, оконными функциями общего назначения, агрегатными функциями.

Результат классификации оконных функций приведен на рисунке 1.

Функции ранжирования позволяют «раздать» строкам «места» в зависимости от имеющихся в них значений. Эти функции возвращают ранг каждой записи внутри «окна». В общем случае рангом является некое число отражающее положение или «вес» записи относительно других записей в том же наборе. Формируется «окно» с помощью группировки. Однако, поскольку результат работы функций ранжирования зависит от порядка обработки записей, то обязательно должен быть указан порядок записей внутри «окна» посредством конструкции ORDER BY. В зависимости от используемой функции некоторые записи могут получать один и тот же ранг. Функции ранжирования являются недетерминированными, то есть при одних и тех же входных значениях они могут возвращать разный результат [3].

Функции подсчета долей позволяют одной SQL-операции получить для каждой строки ее «вес» в таблице в соответствии со значениями.

Функции LAG и LEAD обращаются к данным из предыдущей и из последующей (соответственно) строки того же результирующего набора без использования самосоединения. Функция LAG обеспечивает доступ к строке с заданным физическим смещением перед началом текущей строки, а функция LEAD – после текущей строки [4].

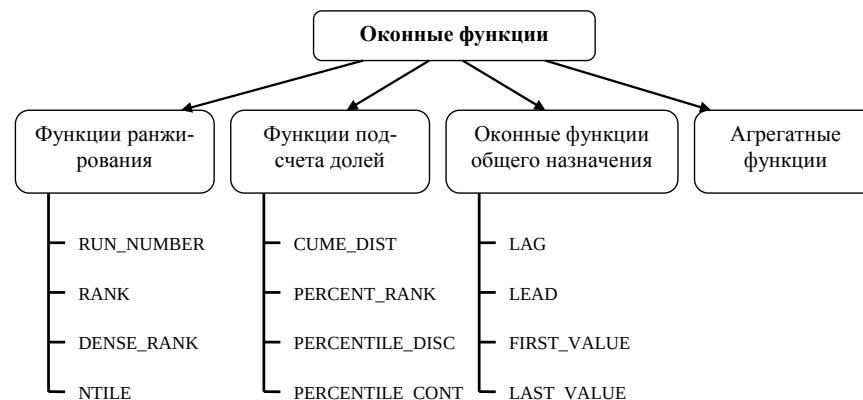


Рисунок 1 – Классификация оконных функций

Кроме того, к функциям общего назначения можно отнести функции FIRST\_VALUE и LAST\_VALUE, которые возвращают первое или последнее значение из упорядоченного набора значений соответственно.

Поскольку аналитическая функция возвращает агрегированный результат обработки записей, попавших в «окно», то самые обычные агрегатные функции имеют возможность выступить в качестве оконных. Отличие состоит в том, что «обычные» агрегаты уменьшают степень детализации результирующего набора, а в аналитическом варианте степень детализации не уменьшается [5].

Агрегатные функции работают как оконные, только когда за их вызовом следует предложение OVER, в противном случае они останутся обычными агрегатными.

Для выполнения анализа использования оконных функций в запросах определен перечень параметров, влияющих на их использование. К таким параметрам относятся:

- время выполнения запроса;
- количество логических и физических чтений при обращении к данным;
- структура данных, включая различные виды соединений реляционных множеств при организации запросов, а также особенности взаимосвязей между таблицами.

В качестве альтернативы использования оконных функций могут выступать запросы, использующие самосоединение, а также хранимые процедуры и функции, реализующие действия оконных функций.

Для оценки эффективности работы функций, необходимо использовать средства, которые позволяют определить план и время выполнения запроса. В качестве СУБД для анализа работы функций использованы СУБД Oracle, MS SQL Server и PostgreSQL, имеющие необходимые инструменты для решения



этой задачи. В СУБД Oracle для определения плана и времени выполнения запроса используется специальная системная таблица PLAN\_TABLE, а также средство трассировки, которое выдает информацию о производительности по индивидуальным предложениям SQL. В SQL Server Management Studio имеется встроенный планировщик запросов и инструмент «статистика клиента», с помощью которого можно просмотреть сведения об операции: временные характеристики, а также объемы отправленных и полученных пакетов данных выполненного запроса. В PostgreSQL также есть специальная подсистема – сборщик статистики – которая в реальном времени собирает данные об активности сервера. Данные, полученные сборщиком статистики, доступны через специальные системные представления.

Выполняется анализ по использованию оконных функций или традиционных способов по работе с объектами базы данных с учетом перечисленных параметров для выбранных систем управления базами данных.

### Литература

1. Особенности реляционных баз данных [Электронный ресурс]. – [http://ldalab.ru/post/pervichnij\\_kluch\\_bd.html](http://ldalab.ru/post/pervichnij_kluch_bd.html)
2. Аналитические функции в Oracle [Электронный ресурс]. – <http://www.interface.ru/home.asp?artId=1774#04>
3. MS SQL 2005: оконные функции. Еще одно расширение T-SQL [Электронный ресурс]. – <http://rstdn.ru/?article/db/WindowFunctions.xml>
4. Функции аналитики (Transact-SQL). [Электронный справочник Microsoft]. – [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/hh213234\(v=sql.120\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/hh213234(v=sql.120).aspx)
5. Оконные функции [Электронная документация PostgreSQL]. – <http://postgrespro.ru/doc/functions-window.html>

Д.А. Царёв, Ю.С. Артамонов

### СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И КЛАССИФИКАЦИЯ ОБЛАЧНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ РАЗРАБОТКИ

(Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет))

Современная разработка программного обеспечения требует гибких инструментов и тесного взаимодействия между разработчиками [1] для достижения наилучшего результата и увеличения шансов проекта на успех. Эти требования поспособствовали появлению облачных сред разработки (Cloud IDE), основной упор в которых сделан на работе из браузера без необходимости установки средств разработки на машине пользователя [2]. Такие инструменты позволяют создавать ПО вне зависимости от технических характеристик машины разработчика, от неё требуется лишь наличие браузера и доступ к интернету.



### Основные классы облачных средств разработки

К облачным инструментам разработки можно отнести облачные редакторы для прототипирования – “песочницы” (Sandbox) и полноценные рабочие места для разработки приложений – облачные IDE. Основное отличие редакторов для прототипирования от IDE заключается в том, что редактор для прототипирования в первую очередь нацелен на быструю апробацию примеров и простых набросков программных решений. Кроме того, IDE включают поддержку конкретных библиотек и дополнительных инструментов, таких как системы контроля версий [3].

Наиболее характерными представителями семейства облачных сред разработки являются CEclipse, Koding.com, Eclipse Che, которые относятся к классу Cloud IDE, а также Cpp.sh, JsFiddle и Orion, представляющие класс редакторов для прототипирования.

CEclipse позволяет разрабатывать приложения на Java в облаке, используя не только классическую функциональность Eclipse, такую как подсветка и анализ кода, выявление ошибок и автодополнение, но и дополнительные возможности по интеграции с системами управления задачами и онлайн тестирования [4].

Koding.com предоставляет разработчику выделенную виртуальную машину и веб-интерфейс для работы над приложениями. Если необходимо из облака перейти в локальное рабочее окружение, то можно установить клиент Koding и начать использовать привычную IDE, редактор или терминал.

Eclipse Che – облачная IDE, которую может развернуть у себя любой желающий. Поддерживает самые популярные языки программирования: Java, C++, JS, Python, PHP и Ruby. Изолированное окружение для работы выделяется при помощи Docker контейнеризации [5].

Cpp.sh – легковесный редактор кода на C++. Компилирует и исполняет код на сервере при помощи компилятора GCC. Работать можно только с одним файлом, а сам редактор призван облегчить изучение языка C++.

jsFiddle.net – проект, с помощью которого позволяет быстро создать тестовую веб-страницу для проверки работы HTML, CSS и JavaScript. Сервис имеет функцию совместной работы над исходным кодом и позволяет поделиться своей “песочницей”.

Orion – редактор для веб-приложений на HTML, CSS и JavaScript. Позволяет организовать совместную работу с ограничением на одновременное редактирование одного файла. Поддерживает систему контроля версий Git.

Помимо редакторов и облачных сред разработки можно выделить инструменты для апробации новых языков программирования, таких как Scala и Kotlin. Их облачные редакторы компилируют код в JavaScript и исполняют его в браузере пользователя, возможностей JavaScript хватает для того, чтобы продемонстрировать возможности языка и его основных концепций. А сам транспайлер Scala в JavaScript является отдельным проектом, призванным обеспечить интероперабельность Scala и JavaScript [6].



В таблице 1 представлена сравнительная характеристика основных облачных инструментов. Для разработки крупных проектов лучше всего подойдут те, что предоставляют функции облачной среды разработки, такие как: интеграция с системами контроля версий, использование систем сборки и изолированных окружений [7]. Изолированные окружения позволяют использовать для компиляции окружения с различными операционными системами, наборами библиотеки и компиляторов. Они могут упростить вовлечение новых разработчиков в проект, благодаря снижению затрат времени на развёртывание рабочего окружения [8].

Таблица 1 – Сравнение возможностей облачных инструментов разработки

| Название           | Тип      | Поддержка VCS | Язык программирования | Изолированное окружение | Возможности редактора                                 | Вывод результатов исполнения |
|--------------------|----------|---------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------|------------------------------|
| Koding.com         | IDE      | Да            | Мультиязычность       | Да                      | Подсветка, автодополнение                             | Графический интерфейс        |
| Eclipse Che        | IDE      | Да            | Мультиязычность       | Да                      | Подсветка, автодополнение, синтаксический анализ кода | Графический интерфейс        |
| Cpp.sh             | Редактор | Нет           | C++                   | Нет                     | Подсветка синтаксиса                                  | Консоль                      |
| jsFiddle           | Редактор | Нет           | JS                    | Нет                     | Подсветка синтаксиса                                  | Средства визуализации        |
| Cloud9             | IDE      | Да            | Мультиязычность       | Да                      | Подсветка, автодополнение                             | Средства визуализации        |
| Codeanywhere       | IDE      | Да            | Мультиязычность       | Да                      | Подсветка, автодополнение                             | Консоль                      |
| Python Fiddle      | Редактор | Нет           | Python                | Нет                     | Подсветка синтаксиса, автодополнение                  | Консоль                      |
| Orionhub.org       | IDE      | Да            | JS                    | Нет                     | Подсветка, автодополнение, синтаксический анализ кода | Средства визуализации        |
| Nitrous.io         | IDE      | Да            | Мультиязычность       | Да                      | Подсветка, автодополнение                             | Средства визуализации        |
| Shftedit.net       | IDE      | Да            | JS, PHP               | Нет                     | Подсветка, автодополнение                             | Средства визуализации        |
| Scala JS Fiddle    | Редактор | Нет           | Scala                 | Нет                     | Подсветка, автодополнение                             | Средства визуализации        |
| try.kotlinlang.org | Редактор | Нет           | Kotlin                | Нет                     | Подсветка, автодополнение                             | Консоль                      |
| CEclipse           | IDE      | Нет           | Java                  | Нет                     | Подсветка, автодополнение, синтаксический анализ кода | Консоль                      |

#### Разработка облачного редактора для параллельных приложений с возможностью запуска на кластере

Целью нашей работы является создание облачной IDE для разработки параллельных приложений с последующей возможностью запуска их на кластере «Сергей Королёв». Редактор будет интегрирован в проект Templet Web [9].



Проект призван упростить разработку параллельных приложений при помощи шаблонов Templet, что позволит ускорить изучение параллельных алгоритмов студентами в рамках лабораторных практикумов.

#### Литература

- Goldman, M. Real-time collaborative coding in a web IDE [Текст] / M. Goldman, G. Little, R.C. Miller // Proceedings of the 24<sup>th</sup> annual symposium on User interface software and technology. – ACM, 2011. – С.155-164.
- Gadhikar, L.M. et al. Browser based IDE to code in the cloud [Текст] / L.M. Gadhikar et al. //New Paradigms in Internet Computing. – Springer Berlin Heidelberg. – С.59-69.
- Aho, T. et al. Designing IDE as a Service [Текст] / T. Aho et al. //Communications of Cloud Software. – 2011. – Т. 1. – №. 1.
- Wu, L. et al. CEclipse: an online IDE for programming in the cloud [Текст] / L. Wu et al. //Services, 2011 IEEE World Congress on. – IEEE, 2011 – С.45-52.
- Merkel, D. Docker: lightweight linux containers for consistent development and deployment [Текст] / D. Merkel //Linux Journal – 2014 – Т. 2014 – № 239 – С.2.
- Doerane, S. Scala.js: Type-directed interoperability with dynamically typed languages [Текст] / S. Doerane – 2013. – № EPFL-REPORT-190834.
- Mikkonen, T. Elements for a cloud-based development environment: online collaboration, revision control, and continuous integration [Текст] / T. Mikkonen, A. Nieminen // Proceedings of the WISCA/ESCA 2012 Companion Volume. – ACM, 2012 – С.14-20.
- Fahndrich, M. Lessons from a Web-based IDE and Runtime [Текст] / M. Fahndrich // Proceedings of the ACM SIGPLAN 2014 Workshop on Partial Evaluation and Program Manipulation. – ACM, 2014. – С.1-2.
- Артамонов, Ю.С. Применение облачного сервиса Templet Web при проведении лабораторных практикумов на суперкомпьютере «Сергей Королёв» [Текст] / Ю.С. Артамонов, С.В. Востокин // X Международная научно-практическая конференция «Современные информационные технологии и ИТ-образование», МГУ, Москва, 2015. Т. 2. – С.409-414.

Д.В. Щербаков, М.П. Шлеймович

#### МЕТОДЫ УВЕЛИЧЕНИЯ РАЗРЕШАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ИЗОБРАЖЕНИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

(Казанский национальный исследовательский технический университет им А.Н. Туполева - КАИ)

На сегодняшний день существует множество научных и технологических задач, для решения которых требуются изображения с высоким разрешением. Именно такие изображения используются для анализа и обработки в большин-





стве случаев, так как они позволяют увидеть детали, которые не различимы, или плохо различимы на изображениях с низким разрешением.

В статье ставится задача рассмотреть методы увеличения разрешающей способности изображений и их применение.

В большинстве случаев разработки приложений для увеличения разрешающей способности изображений применяется метод бикубической интерполяции. Бикубическая интерполяция рассматривает массив из 4x4 окружающих пикселей – всего 16. Поскольку они находятся на разных расстояниях от неизвестного пикселя, ближайшие пиксели получают при расчёте больший вес. Чтобы лучше понять принцип бикубической интерполяции, рассматривается принцип кубической интерполяции.

Если значения функции  $f(x)$  и ее производной известны в точках  $x=0$  и  $x=1$ , тогда функция может быть интерполирована на интервале  $[0, 1]$  используя полином третьего порядка. Формула для вычисления может быть легко получена.

Полином третьего порядка и его производная:

$$f(x) = ax^3 + bx^2 + cx + d; f'(x) = 3ax^2 + 2bx + c \quad (1)$$

Значения полинома и его производной в точках  $x=0$  и  $x=1$ :

$$\begin{aligned} f(0) &= d; f(1) = a + b + c + d; \\ f'(0) &= c; f'(1) = 3a + 2b + c. \end{aligned} \quad (2)$$

Эти четыре тождества могут быть записаны как:

$$\begin{aligned} a &= 2f(0) - 2f(1) + f'(0) + f'(1); \\ b &= -3f(0) + 3f(1) - 2f'(0) - f'(1); \\ c &= f'(0); d = f(0) \end{aligned} \quad (3)$$

На практике алгоритм используется для интерполяции функции, имея некие известные значения в заданных точках. В этом случае может быть неизвестна производная функции. Тогда можно было бы принять производную в заданных точках, как 0, однако для получения более гладких и правдоподобных графиков функций производная принимается за уклон линии между предыдущей и следующей точкой. Таким образом, для расчетов понадобится четыре точки. Предположим, имеются четыре значения функции в точках  $p_0, p_1, p_2$  и  $p_3$ , расположенных соответственно на  $x = -1, x = 0, x = 1$  и  $x = 2$ . Подставляются полученные значения  $f(0), f(1), f(2)$  и  $f(3)$ :

$$f(1) = p_2; f'(0) = \frac{p_2 - p_0}{2}; f'(1) = \frac{p_3 - p_1}{2} \quad (4)$$

Сопоставив эти данные с полученными ранее формулами (3), имеем:

$$\begin{aligned} a &= -\frac{1}{2}p_0 + \frac{3}{2}p_1 - \frac{3}{2}p_2 + \frac{1}{2}p_3; b = p_0 - \frac{5}{2}p_1 + 2p_2 - \frac{1}{2}p_3; \\ c &= -\frac{1}{2}p_0 + \frac{1}{2}p_2; d = p_1 \end{aligned} \quad (5)$$

Результат:

$$\begin{aligned} f(x, a, b, c, d) &= \left(-\frac{1}{2}a + \frac{3}{2}b - \frac{3}{2}c + \frac{1}{2}d\right)x^3 + \\ &+ \left(a - \frac{5}{2}b + 2c - \frac{1}{2}d\right)x^2 + \left(-\frac{1}{2}a + \frac{1}{2}c\right)x + b \end{aligned} \quad (6)$$



Так как бикубическая интерполяция представляет собой кубическую интерполяцию в двух измерениях, то можно, используя формулу кубической интерполяции (6), построить бикубическую интерполяционную формулу.

Представим, что известно 16 точек  $p_{ij}$ , с точкой начала координат в  $(i-1, j-1)$ , где  $i, j$  изменяются от 0 до 3. Тогда, можно интерполировать поверхность на участке  $[0, 0] \times [1, 1]$ , для этого интерполируются 4 колонки и потом интерполируются полученные результаты в горизонтальном направлении:

$$\begin{aligned} g(x, y) &= f(x, f(y, p_{00}, p_{01}, p_{02}, p_{03}), f(y, p_{10}, p_{11}, p_{12}, p_{13}), \\ &f(y, p_{20}, p_{21}, p_{22}, p_{23}), f(y, p_{30}, p_{31}, p_{32}, p_{33})) \end{aligned} \quad (7)$$

Перепишем формулу для бикубической интерполяции как многомерный полином:

$$g(x, y) = \sum_{i=0}^3 \sum_{j=0}^3 a_{ij} x^i y^j \quad (8)$$

С помощью этих значений для  $ij$ , вычисляются коэффициенты:

$$\begin{aligned} a_{00} &= p_{11} \\ a_{01} &= -\frac{1}{2}p_{10} + \frac{1}{2}p_{12} \\ a_{02} &= p_{10} - \frac{5}{2}p_{11} + 2p_{12} - \frac{1}{2}p_{13} \\ a_{03} &= -\frac{1}{2}p_{10} + \frac{3}{2}p_{11} - \frac{3}{2}p_{12} + \frac{1}{2}p_{13} \\ a_{10} &= -\frac{1}{2}p_{01} + \frac{1}{2}p_{21} \\ a_{11} &= \frac{1}{4}p_{00} - \frac{1}{4}p_{02} - \frac{1}{4}p_{20} + \frac{1}{4}p_{22} \\ a_{12} &= -\frac{1}{2}p_{00} + \frac{5}{4}p_{01} - p_{02} + \frac{1}{4}p_{03} + \frac{1}{2}p_{20} - \frac{5}{4}p_{21} + p_{22} - \frac{1}{4}p_{23} \\ a_{13} &= \frac{1}{4}p_{00} - \frac{3}{4}p_{01} + \frac{3}{4}p_{02} - \frac{1}{4}p_{03} - \frac{1}{4}p_{20} + \frac{3}{4}p_{21} - \frac{3}{4}p_{22} + \frac{1}{4}p_{23} \\ a_{20} &= p_{01} - \frac{5}{2}p_{11} + 2p_{21} - \frac{1}{2}p_{31} \\ a_{21} &= -\frac{1}{2}p_{00} + \frac{1}{2}p_{02} + \frac{5}{4}p_{10} - \frac{5}{4}p_{12} - p_{20} + p_{22} + \frac{1}{4}p_{30} - \frac{1}{4}p_{32} \\ a_{22} &= p_{00} - \frac{5}{2}p_{01} + 2p_{02} - \frac{1}{2}p_{03} - \frac{5}{2}p_{10} + \frac{25}{4}p_{11} - 5p_{12} + \frac{5}{4}p_{13} + \\ &+ 2p_{20} - 5p_{21} + 4p_{22} - p_{23} - \frac{1}{2}p_{30} + \frac{5}{4}p_{31} - p_{32} + \frac{1}{4}p_{33} \\ a_{23} &= -\frac{1}{2}p_{00} + \frac{3}{2}p_{01} - \frac{3}{2}p_{02} + \frac{1}{2}p_{03} + \frac{5}{4}p_{10} - \frac{15}{4}p_{11} + \frac{15}{4}p_{12} - \\ &- \frac{5}{4}p_{13} - p_{20} + 3p_{21} - 3p_{22} + p_{23} + \frac{1}{4}p_{30} - \frac{3}{4}p_{31} + \frac{3}{4}p_{32} - \frac{1}{4}p_{33} \\ a_{30} &= -\frac{1}{2}p_{01} + \frac{3}{2}p_{11} - \frac{3}{2}p_{21} + \frac{1}{2}p_{31} \\ a_{31} &= \frac{1}{4}p_{00} - \frac{1}{4}p_{02} - \frac{3}{4}p_{10} + \frac{3}{4}p_{12} + \frac{3}{4}p_{20} - \frac{3}{4}p_{22} - \frac{1}{4}p_{30} + \frac{1}{4}p_{32} \\ a_{32} &= -\frac{1}{2}p_{00} + \frac{5}{4}p_{01} - p_{02} + \frac{1}{4}p_{03} + \frac{3}{2}p_{10} - \frac{15}{4}p_{11} + 3p_{12} - \frac{3}{4}p_{13} - \\ &- \frac{3}{2}p_{20} + \frac{15}{4}p_{21} - 3p_{22} + \frac{3}{4}p_{23} + \frac{1}{2}p_{30} - \frac{5}{4}p_{31} + p_{32} - \frac{1}{4}p_{33} \\ a_{33} &= \frac{1}{4}p_{00} - \frac{3}{4}p_{01} + \frac{3}{4}p_{02} - \frac{1}{4}p_{03} - \frac{3}{4}p_{10} + \frac{9}{4}p_{11} - \frac{9}{4}p_{12} + \\ &+ \frac{3}{4}p_{13} + \frac{3}{4}p_{20} - \frac{9}{4}p_{21} + \frac{9}{4}p_{22} - \frac{3}{4}p_{23} - \frac{1}{4}p_{30} + \frac{3}{4}p_{31} - \frac{3}{4}p_{32} + \frac{1}{4}p_{33} \end{aligned}$$



Другим методом увеличения разрешающей способности изображения является метод бикубического сплайна.

Сплайн – функция, которая вместе с несколькими производными непрерывна на всем заданном отрезке  $[a, b]$ , а на каждом частичном отрезке  $[x_i, x_{i+1}]$  в отдельности является некоторым алгебраическим многочленом.

Степенью сплайна называется максимальная по всем частичным отрезкам степень многочленов, а дефектом сплайна – разность между степенью сплайна и порядком наивысшей непрерывной на  $[a, b]$  производной.

На практике наиболее часто используются кубические сплайны  $S_3(x)$  – сплайны третьей степени с непрерывной, по крайней мере, первой производной. При этом величина  $m_i = S'_3(x_i)$ , называется наклоном сплайна в точке (узле)  $x_i$ .

Разобьём отрезок  $[a, b]$  на  $N$  равных отрезков  $[x_i, x_{i+1}]$ , где  $x_i = a + ih$ ,  $i = 0, 1, \dots, N-1$ ,  $x_N = b$ ,  $h = (b-a)/N$ .

Если в узлах  $x_i, x_{i+1}$  заданы значения  $f_i, f_{i+1}$ , которые принимает кубический сплайн, то на частичном отрезке  $[x_i, x_{i+1}]$  он принимает вид:

$$S_3(x) = \frac{(x_{i+1}-x)^2(2(x-x_i)+h)}{h^3} f_i + \frac{(x-x_i)^2(2(x_{i+1}-x)+h)}{h^3} f_{i+1} + \frac{(x_{i+1}-x)^2(x-x_i)}{h^2} m_i + \frac{(x-x_i)^2(x-x_{i+1})}{h^2} m_{i+1} \quad (9)$$

В самом деле, это легко проверить, рассчитав  $S_3(x)$  и  $S'_3(x)$  в точках  $x_i, x_{i+1}$ .

Можно доказать, что если многочлен третьей степени, принимает в точках  $x_i, x_{i+1}$  значения  $f_i, f_{i+1}$  и имеет в этих точках производные, соответственно,  $m_i, m_{i+1}$ , то он совпадает с многочленом (9).

Таким образом, для того, чтобы задать кубический сплайн на отрезке, необходимо задать значения  $f_i, m_i, i = 0, 1, \dots, N$  в  $N+1$  в узле  $x_i$ .

Кубический сплайн, принимающий в узлах те же значения  $f_i$ , что и некоторая функция, называется интерполяционным и служит для аппроксимации функции  $f$  на отрезке  $[a, b]$  вместе с несколькими производными.

Существует несколько способов задания наклонов интерполяционного кубического сплайна.

Способ 1 (упрощенный):

Положим:

$$m_i = \frac{f_{i+1} - f_{i-1}}{2h}, i = 1, 2, \dots, N-1, \quad (10)$$

$$m_0 = \frac{4f_1 - f_2 - 3f_0}{2h}, m_N = \frac{3f_N - f_{N-2} - 2f_{N-1}}{2h}$$

Данные формулы являются формулами численного дифференцирования второго порядка точности относительно шага  $h = (b-a)/N$ .

Способ 2:

Если у нас имеются значения  $f'_i$  производной  $f_i$  в узлах  $x_i$ , то полагаем  $m_i = f'_i, i = 0, 1, \dots, N$ .

Способ 3 (глобальный):

Пусть  $S''_3(x_i+0)$  – значение  $S''_3(x)$  в узле  $x_i$  справа, его мы найдем из выражения (9), а  $S''_3(x_i-0)$  – значение  $S''_3(x)$  в узле  $x_i$  слева – оно находится из со-



ответствующего выражения  $S_3(x)$  на частичном отрезке  $[x_i, x_{i+1}]$ , которое получается из (9) заменой  $i$  на  $i-1$ .

Тогда получим:

$$S''_3(x_i+0) = \frac{-4m_i}{h} - \frac{2m_{i+1}}{h} + 6 \frac{f_{i+1} - f_i}{h^2};$$

$$S''_3(x_i-0) = \frac{2m_{i-1}}{h} + \frac{4m_i}{h} - 6 \frac{f_i - f_{i-1}}{h^2} \quad (11)$$

Потребуем непрерывность  $S''_3(x)$  в узлах:

$$S''_3(x_i-0) = S''_3(x_i+0), i = 1, 2, \dots, N-1.$$

Тогда получим систему линейных алгебраических уравнений относительно наклонов:

$$m_{i-1} + 4m_i + m_{i+1} = \frac{3(f_{i+1} - f_{i-1})}{h}, i = 1, 2, \dots, N-1. \quad (12)$$

Так как система содержит  $N+1$  неизвестных, необходимо задать два дополнительных условия, называемые краевыми.

Приведем три варианта задания краевых условий:

$$1) \text{ в случае, когда известны } m_N = f'_N \text{ задаем: } m_0 = f'_0, m_N = f'_N \quad (13)$$

2) производные  $f'_0, f'_N$  аппроксимируем формулами численного дифференцирования третьего порядка точности:

$$m_0 = \frac{1}{6h} (-11f_0 + 18f_1 - 9f_2 + 2f_3) \quad (14)$$

$$m_N = \frac{1}{6h} (11f_N - 18f_{N-1} + 9f_{N-2} - 2f_{N-3})$$

3) Иногда бывают известны значения  $f''$  на концах отрезка  $[a, b]$ , т.е. величины  $f''_0 = f''(a), f''_N = f''(b)$ . Тогда требования

приводят к краевым условиям:

$$m_0 = \frac{-m_1}{2} + \frac{3f_1 - f_0}{2h} - \frac{h}{4} f''_0 \quad (15)$$

$$m_N = \frac{-m_{N-1}}{2} + \frac{3f_N - f_{N-1}}{2h} - \frac{h}{4} f''_N$$

Условия (13)-(15) можно комбинировать, т.е. выбирать их независимо в левом и правом узлах.

Система (12) при всех рассмотренных краевых условиях имеет единственное решение, которое можно найти с помощью методов прогонки и итераций.

Таким образом, решая систему (12) при выбранных краевых условиях, находим наклоны  $m_i, i = 0, 1, \dots, N$ , во всех узлах. Затем по формуле (9) задаем сплайн на каждом частичном отрезке  $[x_i, x_{i+1}], i = 0, 1, \dots, N-1$ . Построенный таким глобальным способом сплайн  $S_3(x)$  имеет дефект не больше единицы, так как этот сплайн обладает на отрезке  $[a, b]$  непрерывной второй производной  $S''_3(x)$ .

Метод кубических сплайнов выдает более четкое изображение по сравнению с бикубической интерполяцией, поскольку он способен воспроизвести четкую и гладкую границу без ступенек.

Вышеизложенные и другие методы применяются во многих программах редактирования изображений, драйверах принтеров и встроенной интерполяции камер. В рамках статьи были рассмотрены несколько решений по увеличе-



нию разрешения способности изображений, таких как Enlarge, Smilla Enlarger, PhotoZoom Pro.

В таблице 1 приведена сравнительная характеристика данных программ.

Таблица 1

| Программа       | Вид коммерции | Метод обработки                                                          | Графический интерфейс                     |
|-----------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| Enlarge         | бесплатная    | Бикубическая интерполяция с применением фильтрации                       | Отсутствует                               |
| PhotoZoom Pro   | платная       | Различные вариации метода бикубического сплайна с применением фильтрации | Ориентирован на продвинутого пользователя |
| Smilla Enlarger | бесплатная    | Бикубическая интерполяция с применением фильтрации                       | Простой и удобный                         |

Однозначно выделить лучшее среди представленных коммерческих решений довольно сложно, поскольку многое зависит от типа исходных изображений, однако, в целом более качественную обработку обеспечивает PhotoZoom Pro по сравнению с другими решениями представленными в таблице 1. Среди бесплатных же программ по качеству получаемых изображений заметно выделяется Enlarge, однако, по удобству применения Enlarge проигрывает утилите SmillaEnlarge.

### Литература

1. Интерполяция цифрового изображения: Учебник цифровой фотографии. - 2015. (<http://www.cambridgeincolour.com/ru/tutorials/image-interpolation.htm>)
2. Гонсалес, Р. Обработка цифровых изображений [Текст]: монография / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М: Техносфера. – 2005. – 114 с.
3. Keys, R. Cubic convolution interpolation for digital image processing.
4. Acoustics, Speech and Signal Processing [Текст]: монография / R. Keys, - IEEE Transactions on, 29(6): 1981. – 1153-1160 с.
5. Боровиков, В.П. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов (2-е издание) [Текст]: монография / В.П. Боровиков. – СПб: Питер. – 2003. – 688 с.
6. Волков, Е.А. Численные методы [Текст]: монография / Е.А. Волков. – М: «Наука». – 1987.



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ

Д.А. Абулханов, Н.Ю. Ильясова, А.В. Корсаков, А.В. Куприянов

### ОЦЕНИВАНИЕ АБЕРРАЦИЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ГЛАЗА НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО СПЕКТРА ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Проблема искажения в оптической системе глаза актуальна, так как он является основным источником получения информации о внешнем мире [1]. Ухудшение уровня зрения критически сказывается на уровне жизни. Важной задачей в сфере офтальмологии является удешевление уже имеющихся методов диагностики заболеваний, связанные с изменениями в оптической системе глаза, которые можно оценить через волновые aberrации, а также разработка новых методов. В качестве нового подхода оценки волновых aberrаций глаза предлагаем описание пространственного спектра преобразования изображений, сформированных на сетчатке глаза. При этом будем использовать методы машинного обучения, а именно алгоритмы классификации по признакам.

В качестве объекта классификации выступает волновой фронт, получаемый прохождением плоской монохроматической волны через оптическую систему глаза. На этом, к примеру, строится работа датчика Хартмана–Шака [2]. В качестве класса выступает определенное искажающее преобразование, которое описывается через модель глаза (рис.1), разработанную Лиоу и Бреннаном [3] и характеризуется конкретным полиномом Цернике.

Полиномы Цернике выражаются следующей формулой:

- чётный полином:  $Z_n^m(\rho, \varphi) = R_n^m(\rho) \cos(m\varphi)$ ,
- нечётный полином:  $Z_n^m(\rho, \varphi) = R_n^m(\rho) \sin(m\varphi)$ ,

$$\text{где } R_n^m(\rho) = \sum_{k=0}^{\frac{n-m}{2}} \frac{(-1)^k (n-k)!}{k! \left(\frac{n+m}{2} - k\right)! \left(\frac{n-m}{2} - k\right)!} \rho^{n-2k}.$$

Для обучения используются результаты работы [1], где с помощью пакета Zemax, смоделированы искажения различных преломляющих поверхностей роговицы для модели Лиоу–Бреннана с градиентным хрусталиком. В указанной работе кривизна передней эллиптической поверхности роговицы варьировалась внесением различных полиномов Цернике с разными весами в ее составляющие.



Целью данной работы является признаковое описание искажающих преобразований в модельных данных, полученных в работе [1], на основе дискретного спектрального анализа.

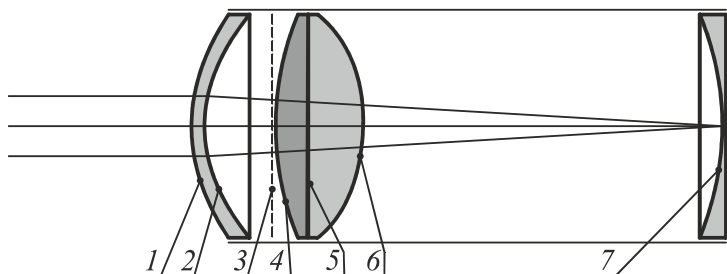


Рис. 1. Схема расположения преломляющих поверхностей глаза в рассматриваемой модели: 1 – передняя поверхность роговицы, 2 – задняя поверхность роговицы, 3 – радужная оболочка со зрачком, 4 – передняя поверхность хрусталика, 5 – граница раздела составных поверхностей хрусталика, 6 – задняя поверхность хрусталика, 7 – сетчатка

Модельные данные представляют собой 8-ми битные графические изображения в градациях серого, полученные дискретизацией интенсивности выходного волнового фронта в модели глаза (рис.2).

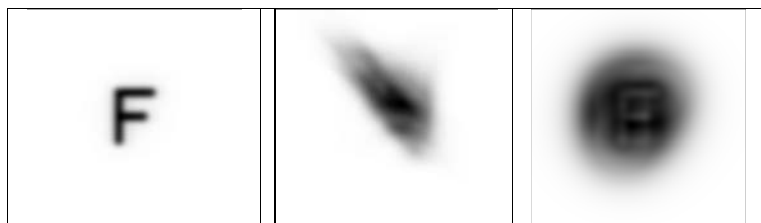


Рис 2. Оригинальное изображение и два искаженных различными преобразованиями

В данной работе к исходному и искаженным изображениям было применено дискретное преобразование Фурье (рис.3), при этом дополняем исходное изображение (1024x1024 пикселя) нулями до размера 4096x4096 пикселей.

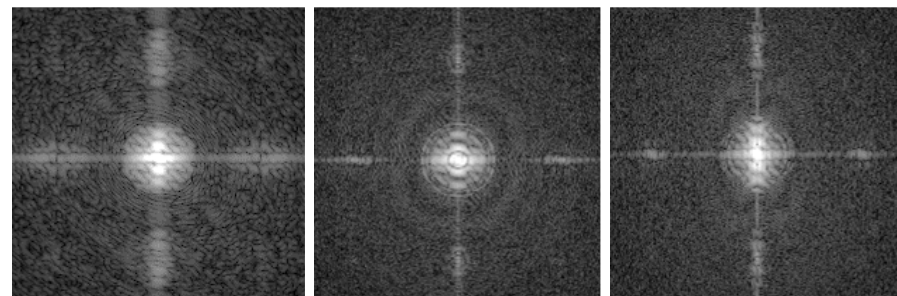


Рис 3. Амплитуда центральной части Фурье-образа изображений из Рис 2.

Для характеристики типа искажающего преобразования будем использовать пространство признаков, полученных при анализе частотной характеристики системы преобразования. В матричном виде она определяется как  $H_{i,j} = \frac{Y_{i,j}}{X_{i,j}}$ , где  $Y$  – матрица Фурье-образа искаженного изображения,  $X$  – исходного, при этом обращение и умножение производится поэлементно. Во избежание деления на близкие к нулю элементы, используется интерполяция по рядом лежащим элементам в матрице  $X$ , реализованная в пакете Wolfram Mathematica ©.

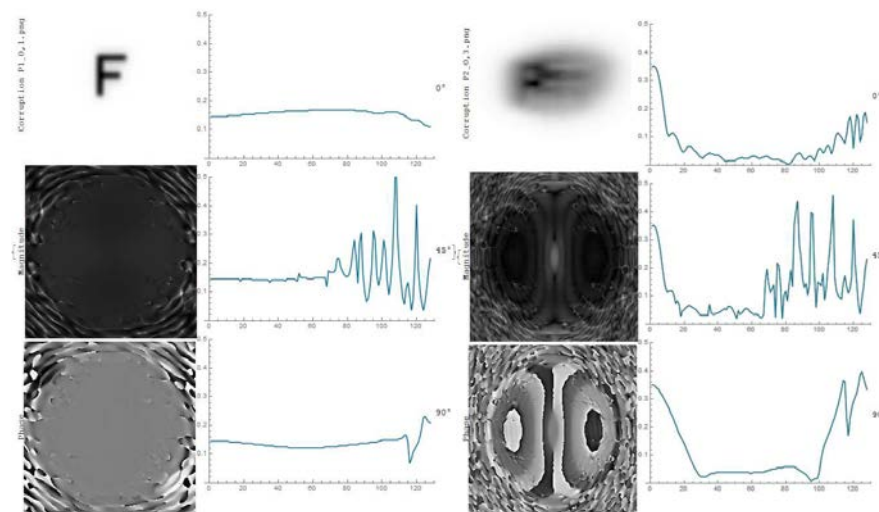


Рис 4. Искаженные изображения для разных преобразований, характеризующиеся меньшим и большим вкладом полинома Цернике в кривизну роговицы, и соответствующие им амплитуда и фаза центральной части частотной характеристики искажающего преобразования и срезы амплитуды частотной характеристики под различными углами



Из Рис 4. видно, что в качестве признакового пространства можно использовать развертку изображения амплитуды центральной части частотной характеристики рассматриваемых искажений под разными углами, в силу хорошей различимости для рассматриваемых классов преобразований.

Цель дальнейших исследований построить признаковое пространство, которое бы наиболее эффективно подходило для классификации аберраций.

## Литература

1. Дегтярев С.А., А.В. Карсаков, Е.С. Бранчевская, С.Н. Хонина, В.В. Котляр Влияние изменения кривизны преломляющих поверхностей глаза на качество изображения на сетчатке в модели Лиоу–Бреннана // Компьютерная оптика. – 2015. – Т. 39, № 5. – С. 702-708. – DOI: 10.18287/0134-2452-2015-39-5-702-708.
2. Oliveira CM, Ferreira A, Franco S. Wavefront analysis and Zernike polynomial decomposition for evaluation of corneal optical quality. J Cataract Refract Surg. 2012 Feb;38(2):343-56. doi:10.1016/j.jcrs.2011.11.016. Epub 2011 Dec 15. Review.PubMed PMID: 22176886.
3. Liou, H.-L. Anatomically accurate, finite model eye for optical modeling / H.-L. Liou, N.A. Brennan // JOSA A. – 1997. – Vol. 14(8). – P. 1881-1891.
4. J. Liang, B. Grimm, S. Goelz, J.F. Bille, Objective measurement of the WA's aberration of the human eye with the use of a Hartmann-Shack sensor// Journal of the Optical Society of America A. – 1994. – Vol. 11. – P. 1949-1957.

О.В. Баулина

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА УЧЕТА ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КРИТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТА

(Пензенский государственный технологический университет)

В современном мире невозможно представить здравоохранение без информационных технологий и автоматизированных систем диагностики и терапии. Ещё совсем недавно, в российском здравоохранении почти полностью отсутствовали признаки автоматизации, а весь документооборот производился на бумаге. Несмотря на то, что во многих отраслях медицины рукописные формы учетно-отчетной документации преобразовались в электронный вариант и, даже истории болезней стали электронными, однако остались еще такие направления в медицине, где полностью отказаться от рукописных протоколов на сегодняшний день не представляется возможным.

Так, например, в медицине критических состояний медицинскому персоналу необходимо постоянно отслеживать динамику физиологического состояния пациентов, т.е. "вести учет" наиболее значимых параметров пациентов в определенный момент времени. Для этой цели врачи сейчас используют прото-



колы, где ежедневно фиксируют жизненно важные физиологические показатели. Образец протокола представлен на рисунке 1.

[illegible]

Рисунок 1

Такая форма учетной документации утверждена ещё Минздравом СССР и является актуальной на сегодняшний день. В настоящее время эти протоколы заполняются медицинскими работниками вручную. На это врачу приходится затрачивать определенное количество времени, которое важнее использовать для экстренной терапии пациентов в критических состояниях[1].

Проанализировав текущее состояние дел в медицине критических состояний и, рассмотрев возможности современного медицинского оборудования, автор статьи предлагает разработку автоматизированного мобильного средства мониторинга критического состояния пациента с использованием двух методов когнитивной графики: «тепловой карты» и «диаграммы-радар», путем компьютерного сопоставления данных о пациенте с экспертными оценками. Фрагмент рабочей области программного продукта, представленного на рисунке 2, выполнен автором статьи с применением языка VBA.

[illegible]

Рисунок 2





На рисунке 2 зеленым цветом обозначен диапазон нормальных значений параметров, красные квадратики - это значения симптомов группы исследуемых больных. Такая визуализация представления данных позволит врачу легко отслеживать динамику синдромов в автоматическом режиме, а сэкономленное на автоматизации процесса время будет направлено врачом на принятие решения по выбору терапии [2].

Таким образом, с развитием информационных технологий в медицине процесс документооборота в здравоохранении существенно упрощается, а, предлагаемый автором статьи способ автоматизации процесса мониторинга критического состояния пациента, позволит существенно сэкономить время для интенсивной терапии больных в критических состояниях.

### Литература

1. Васильков В.Г., Сафронов А.И. Синдромология критических состояний в клинической деятельности практического врача //Медицинский алфавит. -М.:ООО Альфмед, 2015. - Т. 2. - № 9. - С. 56-59.
2. Сидорова М.А., Сержантова Н.А., Чулков В.А. Некоторые аспекты применения компьютерных технологий нейросетевого прогнозирования в медицине //XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. -Пенза: ПензГТУ, 2015. - № 4 (26). - С. 94-100.

А.В. Иващенко, Н.Л. Омерова

### ОНТОЛОГИИ ДЛЯ ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО МАРКЕТИНГА

(Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, Первый Московский государственный медицинский университет имени И.М. Сеченова)

Современные стратегии по выводу на рынок различных фармацевтических препаратов требуют особого подхода по обеспечению их конкурентоспособности в условиях существования аналогов, имеющих различную эффективность, совместимость и особенности применения. Наиболее значимой данная проблема является в контексте современных трендов лечения пациентов, в соответствии с которыми каждый пациент должен получать наиболее эффективное лечение, разработанное с учетом его индивидуальных особенностей и ограничений. Актуальность данной задачи подтверждается необходимостью производить рациональный индивидуализированный выбор лекарственных средств и схем лечения разных групп пациентов.

Для решения данной задачи необходимо применять современные информационные технологии, позволяющие реализовать автоматизированную поддержку принятия решений на основе систем управления знаниями [1].

Маркетинг лекарственных препаратов включает анализ возможных рынков и оценку потребительского спроса на основе статистического анализа вос-



требуемости препаратов в условиях различного распространения заболеваний и возможностей их лечения. Результатом такого анализа является оценка себестоимости, цены и объемов продаж препаратов данного вида.

Перспективы конкурентоспособности лекарственных средств зависят от временного горизонта планирования спроса, наличия аналогов, вероятность выработки и внедрения новых методов и технологий лечения, а также возможности использования инновационных технологий производства.

В связи с вышесказанным, отметим, что применение инновационных технологий фармакотерапии может дать весьма высокий лечебный эффект, но при этом иметь низкую экономическую эффективность при выходе на конкурентный рынок. С другой стороны, разработка препаратов на основе существующих технологий снижает риски при оценке перспектив выхода на рынок. Таким образом, наблюдается противоречие в определении оптимальной стратегии выхода на рынок в условиях баланса экономической и лечебной эффективности фармацевтических препаратов.

Индивидуализация лечения приводит к расширению перечня вариантов и схем лечения заболеваний. При этом специализация фармацевтических препаратов сужает область их применения в ущерб универсальности, что увеличивает риски при выводе на рынок новых лекарственных средств.

Для решения данной проблемы предлагается использовать современные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений, основанные на реализации баз знаний и средств имитационного моделирования.

Предлагаемое решение можно проиллюстрировать следующим образом. Рис. 1 представляет концептуальную схему базы знаний в рамках поддержки принятия решений по маркетингу лекарственных препаратов.

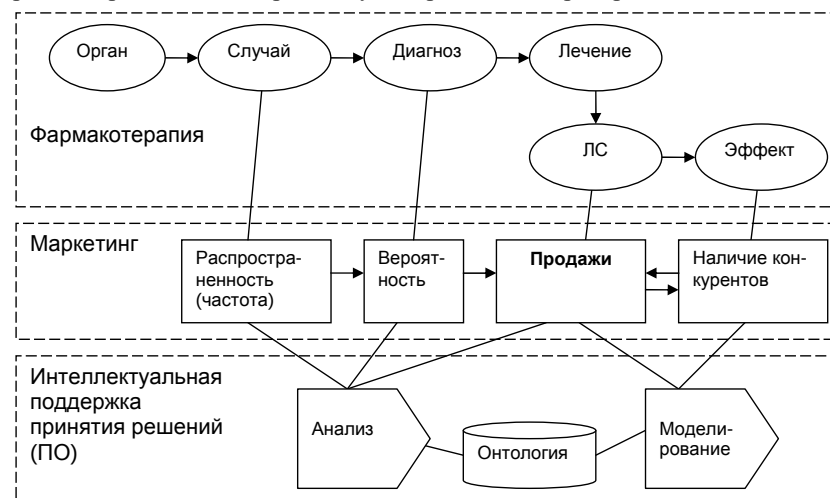


Рис. 1. Уровни концептуальных знаний





Применение современных технологий анализа маркетинговой деятельности с использованием данных сети Интернет [2, 3] и мультиагентных технологий моделирования [4, 5] для прогнозирования востребованности лекарств позволит существенно повысить эффективность стратегических решений. Рис. 2 описывает возможности представления знаний предметной области.

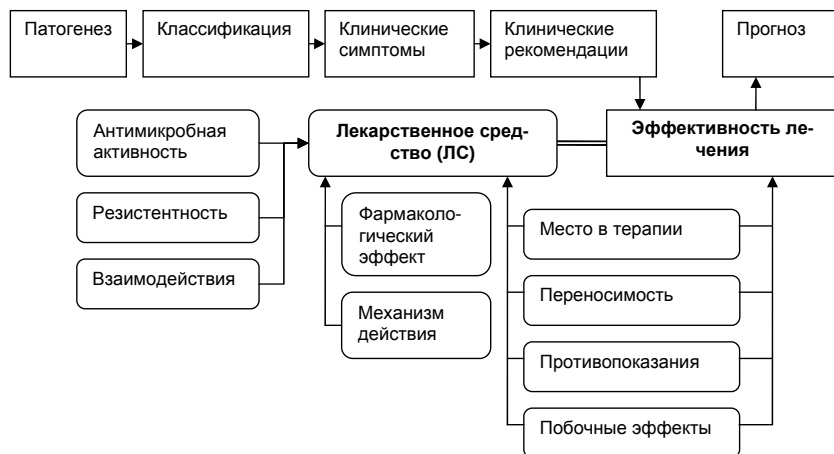


Рис. 2. Концептуальная схема Онтологии фармацевтического маркетинга

Предложенное решение позволяет реализовать эффективный инструмент поддержки принятия решений по планированию фармацевтической деятельности.

### Литература

1. Лапшин, В.А. Онтологии в компьютерных системах. – М.: Научный мир, 2010. – 224 с.
2. Орлов А. Ю., Иващенко А. В. Организация виртуального сообщества в сети Интернет // Информационные технологии №8, 2008 с. 15 – 19
3. Иващенко А.В. Интервально-корреляционный анализ ритмичности взаимодействия в интегрированной информационной среде предприятия / Системы управления и информационные технологии, 2010, № 1(39) – с. 32 – 36
4. Ivaschenko A., Minaev A. Multi-agent solution for a self mediator sensor network // Proceedings of the European Simulation and Modeling Conference 2014 (ESM 2014), FEUP, Porto, Portugal, EUROSIS-ETI. – pp. 209 – 212
5. Ivaschenko A., Lednev A. Auction model of P2P interaction in multi-agent software // Proceedings of the 5th International Conference on Agents and Artificial Intelligence ICAART 2013, Barcelona, Spain. – Volume 1. – p. 431 – 434



М.А. Ионкин, Н.Ю. Ильясова

### ВЫДЕЛЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ СОСУДОВ ГЛАЗНОГО ДНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Выделение центральных линий сосудов помогает врачу произвести диагностику таких заболеваний, как гипертония, сахарный диабет, атеросклероз, инсульт и группу сердечно-сосудистых заболеваний [1], а также наиболее распространённую причину слепоты – ретинопатию. Такая диагностика до сих пор местами проводится вручную, и потому актуальна её автоматизация и совершенствование. Тем не менее, уже существуют зарубежные приборы (например, компании Navitel), использующие сведения о центральных линиях сосудов изображения глазного дна. Использование вейвлет-преобразования для сегментации сосудов глазного дна представлено, например, в работе [2].

Выделение центральных линий представляет собой нетривиальную задачу, в которой необходимо учитывать множество параметров, обусловленных как внешними по отношению к объекту исследования причинами (например, освещённость, разрешение фотоаппарата), так и индивидуальными особенностями объекта, например уникальным расположением нездоровых мест. Применение вейвлет-преобразований к обработке изображений вызвано их большой гибкостью: можно подобрать такой вейвлет и такие его параметры, при котором выделение центральных линий будет выполняться оптимальным образом.

Дискретное двумерное вейвлет-преобразование в целом подобно двумерному дискретному преобразованию Фурье. Различие заключается в виде базисной функции и в степени информативности при обработке локальных особенностей изображений [3]. Непрерывные вейвлеты удобны для теоретического описания, но, как правило, существенно более сложны в реализации. Стефан Маллат [4] определяет одномерный вейвлет как нормированную функцию  $\psi$  с нулевым средним, локализованную в окрестности нуля. Многомерные вейвлеты также должны быть локализованы.

Тривиальный подход выполнения многомерного вейвлет-преобразования – суперпозиция одномерных преобразований по каждой компоненте многомерного вейвлета. Однако, такой способ плохо подходит для извилистых линий: он хорошо обнаруживает лишь линии, параллельные осям координат. Поэтому, для более качественного детектирования извилистых сосудов используют вейвлеты, один из параметров которого есть угол. Применение преобразования с определённым углом выделяет линии, направленные приблизительно в том же направлении, что и заданный угол. В данной работе предлагается использовать



двумерное вейвлет-преобразование  $W$ , применяемое к функции  $f$ , описывается в работе [1] уравнением (1):

$$W_{\psi}^f(b, a, \vartheta) = c_{\psi}^{-1/2} a^{-1} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \psi^*(r_{-\vartheta}(x-b)a^{-1}) d^2x, \quad (1)$$

где  $\psi: \mathbf{R}^2 \rightarrow \mathbb{C}$  – используемый вейвлет;  $b \in \mathbf{R}^2$  – смещение вейвлета;  $a \in \mathbf{R}^+$  – параметр масштаба;  $\vartheta \in [0, 2\pi)$  – угол поворота;  $c_{\psi} \in \mathbf{R}^+$  – нормализующая константа;  $r_{\vartheta} = \begin{pmatrix} \cos \vartheta & -\sin \vartheta \\ \sin \vartheta & \cos \vartheta \end{pmatrix}$  – матрица поворота;  $\psi^*$  – сопряжение (для комплексных функций);  $x \in \mathbf{R}^2$  – аргумент преобразуемой функции.

Было разработано программное обеспечение, позволяющее использовать для преобразования следующие вейвлеты: Морле, Добеши (со 2-го по 10-й порядки) и вейвлет, согласованный с моделью сосудов [3]:

$$\psi(x, y) = \begin{cases} (1 - y^4) e^{-y^4/4}, & |x| < d; \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad (2)$$

где  $d$  – некоторое положительное число.

После выполнения вейвлет-преобразования, для каждой точки выходного изображения определялись углы, в которых выходная функция достигала наибольшего значения. Эти углы затем использовались для построения поля направлений изображения.

Знание таких углов позволяет определить (с погрешностью дискретизации) толщину сосудов: для этого достаточно найти длину отрезка, перпендикулярного направлению в заданной точке, для которого функция яркости схожа с функцией яркости в заданной точке. Хороший контраст образа на некоторых масштабах позволяет точно определить толщину сосуда.

На рис. 1 отображено исходное тестовое изображение и результат его вейвлет-преобразования. На рис. 2 аналогичное преобразование для изображения глазного дна.

На рисунке 3 представлены вейвлет-образы, полученные с использованием вейвлета Морле.

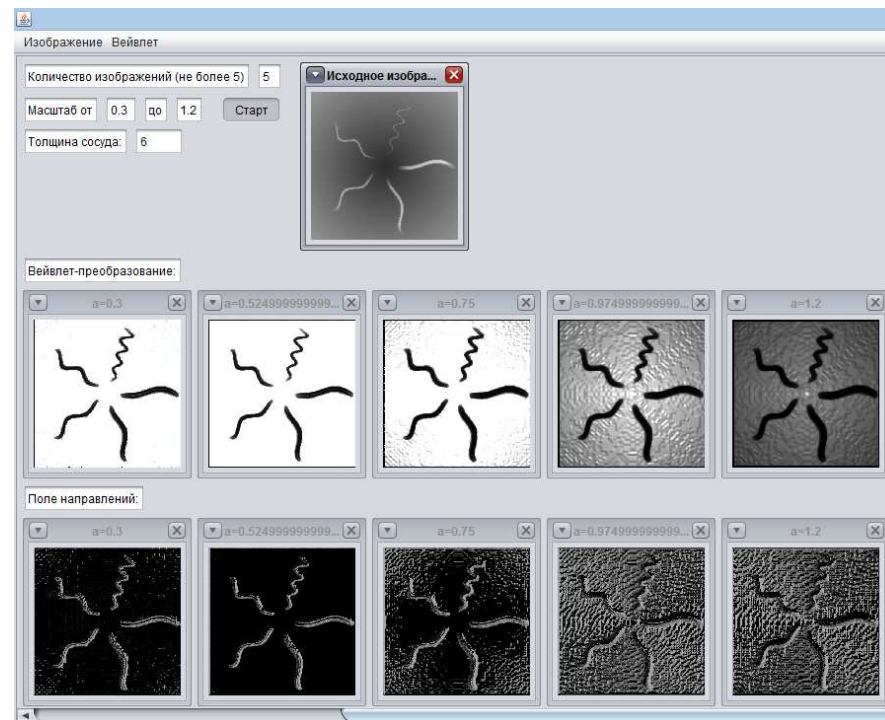


Рис.1. Пример формирования вейвлет-образов (верхний ряд изображений) к исходному (сверху) и соответствующих им полей направлений (нижний ряд)

В результате исследований было создано программное обеспечение, реализующие указанные выше вейвлет-преобразования, позволяющие сформировать поле направлений, выделить зоны сосудов и оценить их толщину. Экспериментальные исследования показали, что вейвлет-преобразование, использующее вейвлет, согласованный с моделью сосудов позволяет более эффективно производить выделение сосудов, по сравнению с вейвлетами Добеши и Морле. Цель дальнейших исследований – выделение на изображении глазного дна отличных от сосудов объектов [5], в частности, макулы, экссудат, с использованием вейвлет-преобразования для решения задачи автоматизации выделения областей интереса при проведении лазерной коагуляции глаза.

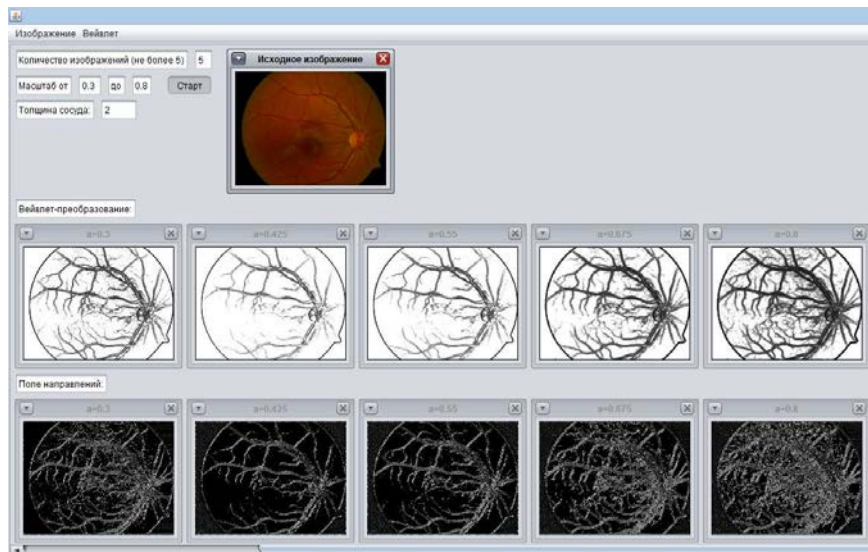


Рис.2. Выполнение преобразования над изображением глазного дна с использованием вейвлета, согласованного с моделью сосудов



Рис.3. Результат работы вейвлета Морле

### Литература

1. Blood vessels segmentation in nonmydriatic images using wavelets and statistical classifiers / J. J. G. Leandro, J. V. B. Soares, R. M. Cesar and H. F. Jelinek. // *Computer Graphics and Image Processing, 2003. SIBGRAPI 2003. XVI Brazilian Symposium on*, 2003, pp. 262-269. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=1241018&isnumber=27822>.

2. Fathi A., Naghsh-Nilchi AR. Automatic wavelet-based retinal blood vessels segmentation and vessel diameter estimation // *Biomedical Signal Processing and Control*, vol. 8, no. 1, pp. 71–80, 2013. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1746809412000663>.

3. Ильясова Н.Ю., Куприянов А.В., Храмов А.Г. Информационные технологии анализа изображений в задачах медицинской диагностики. – М.: Радио и связь, 2012. – 424 с.

4. Mallat S. A Wavelet Tour of Signal Processing. 3 edition. Academic Press, 2008. 700 p.

5. A. Achuthan, M. Rajeswari, D. Ramachandram, M. E. Aziz, and I. L. Shuaib. Wavelet energy-guided level set-based active contour: A segmentation method to segment highly similar regions // *Computers in biology and medicine*, vol. 40, no. 7, pp. 608–620, 2010. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010482510000697>.

А.В. Кузьмин

### ДИНАМИЧЕСКАЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЕРДЦА

(Пензенский государственный университет)

Сердце человека представляет сложную систему, его рассмотрением с различных точек зрения занимаются различные науки. В настоящее время уровень развития информационных технологий позволяет строить развитые компьютерные системы, решающие прикладные задачи с использованием различных методов симуляции и отображения работы сердца, каких-то его аспектов. В числе этих задач:

- неинвазивная диагностика (моделирование и визуализация состояния сердца);
- интерактивное обучение (хирургические тренажеры, интерактивные атласы и др.);
- мониторинг (отображение состояния сердца);
- другие задачи (разработка игровых приложений и т.п.).

В основе создаваемых приложений лежит моделирование работы сердца в том или ином виде. В зависимости от задач выбирается конкретный тип математической модели, воспроизводящий определенный аспект работы сердца.

Можно условно разделить используемые модели разделить на классы:

- модели мгновенного состояния объекта;
- модели, описывающие развитие объекта во времени.

Рассматривая первый тип моделей, следует, в первую очередь, определиться с задачами моделирования.

Для неинвазивной диагностики сердца наиболее значимым является моделирование его электрической активности, так как наиболее распространенным на сегодняшний день является электрокардиографический



метод исследования состояния сердца, основанный на регистрации на поверхности тела электрических потенциалов, источником которых является сердце.

Таким образом, сердце выступает в роли некоего виртуального электрического генератора, проявления активности которого регистрируются в виде электрокардиосигналов (ЭКС). Желание определить параметры этого виртуального электрического генератора делает актуальным решений обратной задачи электрокардиографии. Диагностический смысл данной операции определяется допущением, что параметры виртуального электрического генератора до определенной степени соответствуют параметрам реального сердца пациента. Другими словами, модель электрической активности сердца (ЭАС) должна быть достаточно адекватной, чтобы иметь диагностическую ценность.

В этой связи необходимо отметить целый ряд моделей эквивалентного электрического генератора сердца (ЭЭГС), предложенных отечественными учеными, такими как Л.И. Титомир [1], О.В. Баум[2] и др.

Широкое практическое применение моделей ЭАС для целей неинвазивной диагностики ограничивается тем, что решение обратных задач часто затруднено.

Также следует заметить, что при решении обратной задачи электрокардиографии виртуальный электрический генератор с геометрической точки зрения представляется точкой, шаром или эллипсоидом [1], возможно усредненной трехмерной моделью сердца, которые не могут отражать специфики строения сердца конкретного пациента, а соответственно, адекватно отражать пространственное распределение моделируемых электрических характеристик.

К этому необходимо добавить, что используемые геометрические модели являются статическими, тогда как работа реального сердца сопровождается постоянными изменениями его формы.

Возвращаясь к условному разделению моделей на два класса, данные модели ЭЭГС можно отнести к моделям, которые на основании исходных данных, определяющих состояние объекта в определенный момент времени, позволяют получить некий мгновенный «слепок» - набор параметров модели, актуальный для этого самого момента времени. При этом сама модель, если можно так выразиться, не знает, как она будет себя вести в следующий момент времени, как изменятся ее параметры – это будет определено в следующий момент времени с поступлением нового набора входных данных.

Контролировать адекватность моделирования ЭАС можно путем решения прямой задачи электрокардиографии с использованием модели ЭЭГС и сравнения с зарегистрированным ЭКС.

Другим классом моделей сердца являются модели, которые содержат в себе информацию о законах своего функционирования и изменения своих параметров во времени. Необходимыми предпосылками появления таких моделей были, например, исследования посвященные моделированию



мышечных сокращений [3] и распространению волны возбуждения.

Уже из самой постановки задачи моделирования каких-либо параметров, изменяющихся во времени, понятно, что такая модель должна включать дифференциальные уравнения, решение которых представляет собой определенную сложность: здесь следует учесть и погрешности численного решения и ресурсоемкость вычислений. Модель сердца в этом случае будет представлена тысячами уравнений.

Именно поэтому, несмотря на проработанность с точки зрения биологии, физиологии, математики и биологической физики проблем моделирования процессов возбуждения сердца, сокращения волокон миокарда и происходящих при этом электрохимических процессов, моделирование работы сердца в целом представляет собой серьезную задачу, которая до сих пор не решена в том виде, который был бы пригоден для широкого применения.

Выдающимися работы в данной области ведутся научными коллективами под руководством Д. Нобла (Оксфордский университет, Великобритания) и академика В.С. Мархасина (УрО РАН, Россия).

Особенностью данного вида моделей является их, если можно так выразиться, полная автономность от моделируемого объекта. Другими словами, модель существует в заданном ей масштабе времени без необходимости получать через каждый отсчет времени какие-либо входные данные о реальном объекте, чтобы определить свои внутренние параметры.

Сферой применения таких моделей, конечно, являются научные исследования, посвященные влиянию различных факторов на работу сердца, изучение причин возникновения различных патологий и способов их лечения.

Несомненным плюсом таких моделей является возможность моделирования сразу многих аспектов работы сердца, наиболее значимыми среди которых с точки зрения диагностики являются возбуждение сердца, его сокращения и электрическая активность. Однако вычислительная сложность, ресурсозатратность, сложность настройки параметров модели под конкретного пациента пока не позволяют говорить об их практическом использовании для целей неинвазивного скринингового обследования.

В качестве развития моделей мгновенного состояния сердца на основе ЭЭГС автором предлагается дополнить модель ЭАС динамической геометрической моделью сердца.

С точки зрения решения обратной задачи электрокардиографии, на каждом шаге моделирования, соответствующего отсчету времени и набору параметров для этого отсчета времени рассчитываются параметры ЭЭГС с учетом пространственного расположения точек модели сердца, но, при этом, геометрическое место точек на каждом шаге моделирования может изменяться в зависимости от фазы сокращения сердца и расчетных параметров.

Это позволит повысить эффективность моделирования ЭАС, учитывая параметры сократительной активности сердца. Стоит оговориться, что здесь предполагается использование упрощенного моделирования сокращений сердца. Однако предложенная методика может оказаться важной и



востребованной для таких приложений, где требуется визуализация сокращений сердца и не предъявляются повышенные требования к адекватности моделирования. Например, это могут быть разнообразные медицинские симуляционные обучающие системы [4].

### Литература

1. Титомир, Л. И. Математическое моделирование биоэлектрического генератора сердца [Текст] / Титомир Л. И., П.Кнеппо – М.: Наука. Физматлит, 1999. – 447 с.
2. Баум, О.В. Моделирование электрической активности сердца [Текст] / О.В. Баум // Биофизика сложных систем и радиационных нарушений / О.В. Баум [и др.]; под ред. Г.М. Франка. - М.: Наука, 1977. – С. 119-129.
3. Дещеревский В.И. Математические модели мышечного сокращения [Текст] / Дещеревский В.И.; под ред. акад. Г.М. Франка. - М.: Наука, 1977. – 160 с.
4. Колсанов, А.В. Комплекс «Виртуальный хирург» для симуляционного обучения хирургии [Текст] / А.В. Колсанов, А.В. Ивашенко, А.В. Кузьмин, А.С. Черепанов // Медицинская техника. - 2013. – № 6. – С. 7–10.

Кузьмин В.А., Терещенко Н.В., Вагарина Н.С.

### АНАЛИЗ МОЗГОВОЙ АКТИВНОСТИ: ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ВХОДНЫХ ДАННЫХ

(Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.)

Метод независимых компонент (МНК) [1-3] – это статистический метод обработки сигналов для восстановления данных независимых источников по смешанному сигналу этих источников. Сразу после появления МНК стал применяться при анализе биомедицинских сигналов и обработке изображений таких, как анализ электроэнцефалограммы (ЭЭГ), электрокардиограммы, магнитоэнцефалограммы. МНК был впервые применен для анализа электронных вызванных потенциалов (ЭВП) [4]. Исследования в области неврологии показали, что такие ЭВП, как П300, удовлетворяют трем основным требованиям к МНК приложениям: 1) независимость источников, 2) линейность смешивания данных источников, 3) независимость от времени модель смешивания.

Вначале многоканальные ЭЭГ данные обрабатываются с помощью МНК, затем производится выборка независимых компонент, основанная на исходной пространственно-временной информации П300, и, в завершение, применяется обратное преобразование. С помощью этих шагов восстановленные ЭЭГ-данные становятся более информативными и П300 легче выявляется. Для увеличения эффективности и устойчивости метода МНК имеет смысл дополнительно использовать частотно-полосную фильтрацию (ЧПФ) и метод основной компоненты (МОК).



Для выделения П300 необходимо проделать следующие три шага: 1) разложение входных данных на независимые компоненты с помощью МНК, 2) отбор нужных независимых компонент во временной и пространственной области и 3) обратное отображение с полученной МНК матрицы на входные ЭЭГ данные. Блок схема этих трёх шагов представлена на рисунке.

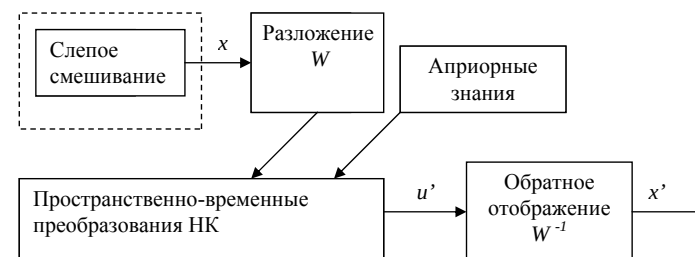


Рис. 1. Выделение П300 с помощью временных и пространственных преобразований над независимыми компонентами.

Процесс в пределах обведенной области рисунка невидим, здесь  $n$  независимых неизвестных источников  $s=[s_1, s_2, \dots, s_n]$  смешиваются по линейному закону в  $n$  регистрируемых сигналов  $x=[x_1, x_2, \dots, x_n]$  (многоканальная ЭЭГ в нашем случае), заданному матрицей  $A$ ,  $x=A \cdot s$ . В ходе разделения матрица  $W$  применяется к  $x$  для получения  $u=W \cdot x$ . Если матрица  $W$  может сделать различные компоненты  $u$  взаимно независимыми, то  $u$  может рассматриваться как приближение к  $s$ . Поскольку есть много различных функций для проверки независимости компонент  $u$ , этот путь поиска  $W$  не единственный.

С помощью МНК максимизируется общая энтропия нелинейных функций отдельных выходов  $u$ , а также минимизируется взаимная информация между отдельными выходами  $u$ , делая их взаимно независимыми. После разложения производится временная обработка НК по методике оценки параметров нелинейной модели с помощью полного метода наименьших квадратов [5], [6].

Анализируются значения независимых компонент во времени, чтобы решить, должна ли компонента быть оставлена или убрана. Для этой цели используются латентность и амплитуда гребня или ямы волны. В случае с П300 НК с относительно большей амплитудой в данном диапазоне латентности остаются, а остальные - отсекаются. В данном случае диапазон латентности предполагается равным средним величинам тренировочных данных примерно от 250 до 400 мс.

Пространственная обработка НК более сложна. Должна ли компонента быть оставлена или убрана, определяется в соответствии с пространственным распределением НК и априорными физиологическими знаниями. Обозначим элемент в  $i$  строке и  $j$  колонке в  $W^{-1}$  (обратной матрице к  $W$ ) как  $w'_{ij}$ , где

$$x = W^{-1} \cdot u(t).$$





Обозначим  $j$  колонку  $\mathbf{W}^{-1}$  как  $\mathbf{w}'_j$ . Она отражает интенсивность распределения на каждом электроде  $j$  НК  $u_j$ .

Для удобства манипуляций с НК в пространственной области, трансформируем матрицу пространственной структуры  $\mathbf{W}^{-1}$  в порядковую матрицу  $\mathbf{M}$  той же размерности. Значение элементов  $m_{ij}$  в ней возьмем как порядковые номера значений  $w'_{ij}$  в колонке вектора  $\mathbf{w}'_j$  из  $\mathbf{W}^{-1}$ . К примеру, если наибольший элемент в колонке  $j$  это  $w'_{ij}$ , тогда  $m_{ij}=1$ . Если второй наибольший элемент в колонке  $j$  это  $w'_{ij}$ , тогда  $m_{ij}=2$ , и так далее. В соответствии с пространственным распределением мозговой активности, набор электродов  $\mathbf{Q} = \{q_k\}$  выбирается таким образом, что  $q_k$  – это порядковый номер электрода, равный номеру строки многоканальной ЭЭГ матрицы  $\mathbf{x}$ . Для извлечения ПЗ00 эти электроды должны быть выбраны в теменной области (Cz, C1, C2), поскольку ПЗ00 наиболее выражен в ней. Правило пространственной манипуляции НК задается следующим образом:

$$\mathbf{u}^*_j = \begin{cases} \mathbf{u}_j, & \exists q_k \in \mathbf{Q}, m_{q_k j} \leq T \\ 0, & \text{в остальных случаях} \end{cases}$$

где  $T$  – это пороговое значение для отбора НК.

После преобразования  $\mathbf{u}^*$ , сохраняющего основную часть информации об источнике ПЗ00, остальные несущественные элементы обращаются в ноль.

После временной и пространственной обработки НК, вектор преобразованных компонент проецируется обратно на входные данные с помощью обратной проекции  $\mathbf{W}^{-1}$  для получения более явно выраженного ПЗ00.

$$\mathbf{x}' = \mathbf{W}^{-1} \mathbf{u}'.$$

Альтернативная методика исследования мозговой активности описана в работах [7,8]. Она основана на исследовании областей мозга, отвечающих за те или иные функции. Но это достаточно сложная процедура, поэтому предлагаемая методика существенно более простая в вычислительном отношении.

Описанный алгоритм, основанный на НК, позволяет повысить точность распознавания ПЗ00. МНК разлагает ЭЭГ в информационные потоки и позволяет определить, какой компонент во времени и пространстве относится к ПЗ00. Идея временных и пространственных преобразований НК может быть использована не только для выделения ПЗ00, но также и при выделении и анализе других ВЭП.

### Литература

1. Линник, Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы теории обработки наблюдений / Ю.В. Линник. – М.: ГИФМЛ, 1958. – 334 с.
2. Hyvarinen, A. Oja Independent component analysis: Algorithms and applications / Hyvarinen, A., E. Oja // Neural Networks, vol. 13, pp. 411–430, Aug. 2000.
3. Львов А.А. Оценивание объема патологических областей мозга по изображениям магниторезонансной томограммы / А.А. Львов, П.П. Карташов // Вестник СГТУ, № 1(40), 2009. – С.90-100.



4. Makeig, S. Blind separation of auditory event-related brain responses into independent components / S. Makeig, T. P. Jung, A. J. Bell, T. J. Sejnowski // Proc. Nat. Acad. Sci., vol. 94, pp. 10 979–10 984, 1997.

5. Львов, А.А. Алгоритм оценки параметров математических моделей линейных и нелинейных систем / А.А. Львов, А.А. Северов // Вестник СГТУ, № 4(43), 2009. – С.77-81.

6. Львов, А.А. Анализ моделей метода наименьших квадратов и методов получения оценок / А.А. Львов, М.В. Мусаев // Вестник СГТУ, № 4(43), 2009. – С.137-141.

7. Львов, А.А. Оценивание объема патологических областей мозга по изображениям магниторезонансной томограммы / А.А. Львов, П.П. Карташов // Вестник СГТУ, № 1(40), 2009. – С.90-100.

8. L'vov, A.A. Parametric Approach for Brain Tissues Volume Measurements from 2D MRI / A.A. L'vov, P.P. Kartashov // Proceedings of the IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference Singapore, May 4-6, 2009, P. 1096-1099.

Е.А. Куленко

### СКРИНИНГ ОНКОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики)

Ключевые слова: онкологические заболевания, диагностика рака на ранней стадии, популяционный скрининг, информационные скрининговые системы.

Аннотация: тезисы посвящены обзорному рассмотрению методов диагностики онкологических заболеваний, в частности использование технологий скрининговых тестов. Кратко описаны виды скрининга и критерии оценки эффективности. Выявлены наиболее популярные в России информационные скрининговые системы, а также изложено их функциональное назначение.

Злокачественные новообразования занимают второе место среди причин смерти в экономически развитых странах и третье место - в развивающихся. Во всём мире от рака погибает больше людей, чем суммарно от СПИДа, туберкулёза и малярии. [1] Для его лечения имеется достаточное количество хорошо проработанных методов, однако универсального лекарства не существует. И все же: обнаружение рака на 1 стадии позволяет вылечить его способами традиционной медицины в 95 % случаев (на последующих стадиях показатель значительно ниже). [2] Таким образом, своевременное выявление рака является очень важной и актуальной задачей. Существует множество способов диагностики раковых заболеваний, таких как:

– анализ крови на онкомаркеры,





- биопсия тканей,
- магнитно-резонансная томография (МРТ),
- позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ),
- компьютерная томография (КТ),
- флюорография и т.д. [3]

Названные выше методы могут быть использованы в качестве информационного базиса для скрининговых исследований.

В данной работе рассматриваются методы скрининга рака, в частности метод популяционного скрининга. Под скринингом понимают применение различных методов исследования, позволяющих диагностировать опухоль на ранней стадии, когда еще нет симптомов болезни. Его целью является раннее выявление бессимптомного рака. Скрининговый тест не предназначен для диагностики. Лица с положительными или подозрительными результатами должны направляться к соответствующим специалистам для установления диагноза и назначения необходимого лечения. Скрининг позволяет выявлять факторы риска, ранние проявления заболевания или генетические предрасположенности. [5]

Критериями оценки эффективности скрининга являются снижение показателей заболеваемости и, особенно, смертности, а также изменение структуры заболеваемости за счет увеличения количества ранних стадий рака и уменьшения запущенных форм. Анализ литературы показывает, что при правильно организованном и широко проводимом скрининге эффективность его достаточно высока.

Различают три основных вида скрининга:

- оппортунистический – это обследование здоровых людей, самостоятельно обратившихся к врачу;
- селективный – это организованное обследование людей, входящих в группы риска, которых регулярно врач приглашает на прием согласно предусмотренному плану диспансеризации;
- популяционный скрининг — это также организованное обследование, но уже основной массы здоровых людей (популяции). [6]

Наиболее простым в исполнении, безопасным, точным и достоверным является популяционный скрининг, т.к. позволяет обследовать значительное количество здоровых людей определенной группы, выявить потребность в помощи специалиста, а также сформировать закономерности и факторы риска, которые ранее не рассматривались.

Существуют специализированные информационные скрининговые системы. Их важнейшей разновидностью являются автоматизированные системы профилактических осмотров населения. Примерами могут служить автоматизированная система профилактических осмотров детского населения (АСПОН-Д) [7], «Скрининг – профилактика» [8] - информационно-диагностическая система, предназначенная для проведения диагностики ранних



форм заболеваний и формирования групп риска, «Исида» [9] - программный комплекс, предназначенный для обработки данных при скрининге беременных женщин с целью выявления врожденных пороков развития плода.

Практическое применение технологии популяционного скрининга, позволяет не только выявлять заболевание на ранней стадии, но и активно совершенствовать систему профилактики, а значит предупреждать риск развития болезни. Следовательно, создание информационных систем, позволяющих сопровождать и поддерживать процесс скрининга на всех этапах имеет очень важное, как научное, так и практическое значение.

### Литература

- 1 Кривой, В.В., «Скрининг рака желудка в популяции пациентов с пептической язвой, ассоциированной с *Helicobacter pylori*» // Крымский терапевтический журнал. – 2010. - №2. – С.153
- 2 Каприн, А.П., «Панацея от рака существует: это ранняя диагностика» [Электронный ресурс]: // Моск. научн.-исслед. онколог. ин-т имени П.А. Герцена (МНИОИ им. П.А.Герцена), 2014. – режим доступа к журн.: <http://www.mnioi.ru/>
- 3 Скрининг: что такое скрининг рака [Электронный ресурс]: Противораковое общество России, 2015. – режим доступа: <http://www.prog.ru/>
- 4 Скрининг рака молочной железы [Электронный ресурс]: Доказательная медицина для всех, 2015. – режим доступа: <http://medspecial.ru/>
- 5 Новик, В.И., «Проблемы скрининга рака шейки матки», [Текст] // VIII Российский онкологический конгресс / НИИ онкологии им.проф. Н.Н.Петрова МЗ РФ, Санкт-Петербург. – 2013. – С. 84-85
- 6 Скрининг на рак шейки матки [Электронный ресурс]: Всемирная организация здравоохранения, – 2010. - режим доступа: <http://www.who.int>
- 7 АСПОН-Д [Электронный ресурс]: Официальный сайт компании «Интеллектуальные программные системы», - 2012. - режим доступа: <http://www.incomsys.ru/>
- 8 Скрининг – профилактика [Электронный ресурс]: Официальный сайт Центра медицинских информационных технологий "МЕДИАЛ-МТ", - 2009. - режим доступа: <http://www.medial-m.webzone.ru/>
- 9 Программный комплекс «Исида» [Электронный ресурс]: Официальный сайт ассоциации развития медицинских информационных технологий, - 2012. - режим доступа: <http://www.armit.ru/>



И.В. Куприянов, А.Д. Семенов, А.В. Костюнин

## КРОССКОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АЛГОРИТМ В ПРИМЕНЕНИИ К АНАЛИЗУ ДИНАМИКИ СПЕКЛОВОЙ КАРТИНЫ

(Пензенский государственный университет)

Исследования в области офтальмологии показывают, что при диагностике аномалий рефракции зрения возможно достижение высокой точности определения параметров оптической коррекции зрения при помощи лазерной спекловой интерферометрии [1,2]. Однако, проблема автоматизации настройки оптических систем, основанных на применении лазерных спеклов, до настоящего времени не решена.

При использовании спекловой интерферометрии на сетчатке глаза отображается картина, представляющая собой динамическую зернистую структуру (рисунок 1). При наблюдении движущейся шероховатой поверхности, освещаемой монохроматическим излучением, пациент видит движущуюся зернистую структуру – спекловую картину. При дальнорукости спекл движется в направлении, совпадающим с направлением движения поверхности, при близорукости спекл движется в противоположном направлении. В состоянии, соответствующем наилучшей фокусировке, спекл представляется «кипящим», в котором отсутствует явно выраженная направленность его перемещения.

Пациент, регулируя при помощи джойстика скорость движения спекловой картины, добивается «кипящего» состояния спекла. Таким образом, критерием настройки оптической системы прибора может быть такое состояние изображения, в котором отсутствует заметное однонаправленное перемещение «зерен» спекла.



Рисунок 1 – Фрагмент динамического спекла, формируемого на сетчатке глаза

Имеющиеся типовые способы настройки оптических систем, применяемые в различных авторефрактометрах, как правило, по критерию наилучшего качества изображения (максимальный контраст, максимальная спектральная частота, наивысшая частота видеоизображения) не применимы при использовании спеклов в диагностике зрения [3, 4]. Поэтому представляется



очевидной необходимостью проведения исследований и разработки метода автоматической настройки оптических систем с помощью спекловой интерферометрии и, прежде всего, – для офтальмологического прибора по определению параметров оптической коррекции зрения.

Исследования динамики спекловой картины на различных этапах настройки оптической системы показывают, что для скоростей движения более 10 пикселей/сек применим кросскорреляционный алгоритм для определения скорости и направления движения спекла. Для корректности анализа спекловой картины при применении кросскорреляционного алгоритма важно использование расчетной области, в которой движение спекловых точек имеет однонаправленный характер. Также имеет значение наличие широкого динамического диапазона по яркости с выделяющимися спекловыми точками. В то же время яркость фона должна быть равномерной в пределах расчетной области.

Особенность динамики спекловой картины состоит в наличии деформированного движения при скоростях движения спекла 10-20 пикселей/сек [5]. Поэтому при данном виде движения имеет смысл применять методы трассерной визуализации с целью получения поля скорости на всей анализируемой области.

В свете данных особенностей динамики спекла важным моментом с точки зрения быстродействия и эффективности работы алгоритма кросскорреляционного анализа является выбор оптимального разрешения изображения расчетной области.

На рисунке 2 представлен пример анализа работы кросскорреляционного алгоритма в применении к спеклу при различных разрешениях расчетной области, от  $50 \times 200$  до  $50 \times 50$  пикселей. На рисунке имеются графики рассчитанной средней скорости и среднего угла для 10 кадров видеоизображения спекла, дисперсии значений скорости и угла, а также времени вычисления.

Очевидно, что наилучшая точность вычислений достигается при высоких разрешениях расчетной области, но при этом становится большой продолжительность вычислений. При малых разрешениях расчетной области (менее  $50 \times 100$  пикселей) резко возрастает дисперсия значений скорости. Величина угла движения спекла при разрешениях менее  $50 \times 100$  пикселей не вычисляется. Согласно рисунку 2, дисперсия угла не падает при увеличении разрешения расчетных изображений.

Получение корректных значений скорости движения спекла достигается при минимальной дисперсии, что наблюдается при разрешении расчетной области  $50 \times 140$  пикселей и более.

Результаты проведенного анализа работы кросскорреляционного алгоритма позволяет сделать вывод, что при анализе динамики спекловой картины оптимальным разрешением расчетной области следует считать  $50 \times 140$  пикселей. Данное разрешение является достаточным для корректной работы кросскорреляционного алгоритма и оптимальным с учетом быстродействия.

Таким образом, подтверждена применимость и корректность работы кросскорреляционного алгоритма при анализе динамики спекла и выявлены критерии корректного его функционирования.

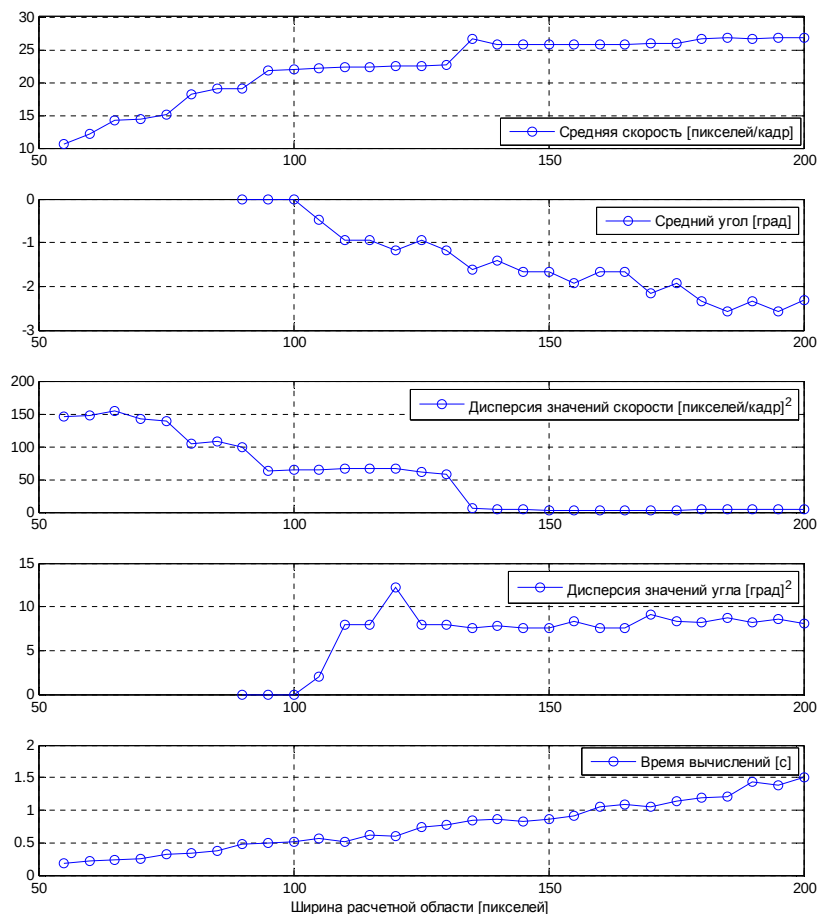


Рисунок 2 – Анализ работы кросскорреляционного алгоритма в применении к анализу движения спекловой картины

Исследования проводились при поддержке «Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере».

### Литература

1. Применение методов Фурье-оптики / Под ред. Старка. - М.: Радио и связь, 1988. – 536 с.
2. Шаповалов, С. Л. Лазерная оптометрия: Монография / С. Л. Шаповалов, Т. И. Милявская, С. А. Игнатьев – М.: МИК, 2012. – 192 с.
3. Костюнин А.В. Проектирование автоматической системы определения параметров оптической коррекции зрения на основе спекловой интерферомет-



рии / А.В. Костюнин, И.В. Куприянов, М.С. Ревунов // Перспективные информационные технологии (ПИТ-2015), Том 1: труды Международной научно-технической конференции/ под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2015. – 360 с.

4. Костюнин А.В. Автоматическая система определения параметров оптической коррекции зрения на основе спекловой интерферометрии / А.В. Костюнин, И.В. Куприянов, М.С. Ревунов // Проблемы автоматизации и управления в технических системах: сб. ст. Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 70-летию Победы в Великой Отечественной войне (г. Пенза, 19-21 мая 2015 г.): в 2 т./ под ред. д.т.н., проф. М.А. Щербакова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2015. – Т.1. – 452 с.

5. Костюнин А.В. Оценка движения спекловой картины в задаче автоматизации функционирования офтальмологического прибора на основе технологии спекловой интерферометрии / А.В. Костюнин, А.Д. Семенов, И.В. Куприянов, В.П. Субботина // Современные технологии в задачах управления, автоматики и обработки информации: Труды XXIV Международной научно-технической конференции, (14-20 сентября 2015 г., Алушта). – М.: Издательский дом МЭИ, 2015. – 300 с.

В.В. Кутикова, А.В. Гайдель

### СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММЫ ОБУЧЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ С ФИБРИЛЛЯЦИЕЙ ПРЕДСЕРДИЙ

(Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва)

В данной работе исследуется эффективность обучающих терапевтических программ школы «Стоп Инсульт», направленных на минимизацию факторов риска развития инсульта у пациентов с фибрилляцией предсердий. С этой целью отбираются признаки, которые наилучшим образом разделяют исходные данные на две группы: основную группу и группу сравнения. В основную группу входят пациенты, принимавшие участие в обучающих занятиях школы, а в группу сравнения – те, кто наблюдался у врача, но не проходил обучение. Отбор признаков проводится на основе критерия дискриминантного анализа [1, 2]

$$J(k) = \frac{D(k)}{\frac{1}{2}(D^{(1)}(k) + D^{(2)}(k))},$$

где  $D(k)$  – оценка дисперсии  $k$ -го признака по всей выборке,  $D^{(l)}(k)$  – оценка дисперсии  $k$ -го признака внутри  $l$ -го класса (группы),  $l = 1, 2$ . Чем больше значение этого критерия, тем лучше признак разделяет пациентов из разных групп. Также для каждой пары признаков вычисляется коэффициент ранговой корреляции Спирмена, выбранный в силу широкой области применения, которая



включает любые распределения, малые выборки, любые типы признаков (номинативных, порядковых, количественных) и наличие выбросов [3].

В качестве признаков используются ответы на вопросы анкеты, которую заполняли участники обеих групп до и после проведения обучающих занятий, а также артериальное давление (систолическое и диастолическое), параметры гемостаза (протромбиновое время или ПВ, протромбин, фибриноген, активированное частичное тромбопластиновое время или АЧТВ) и разница между значениями параметров гемостаза при первом и втором визитах (всего 22 признака). Каждый признак имеет 36 наблюдений, полученных от пациентов из основной группы, и 33 наблюдения – от пациентов из группы сравнения.

В таблице 1 представлены 10 лучших признаков по критерию дискриминантного анализа  $J(k)$ . Для каждого признака указано значение критерия  $J(k)$ , среднее значение (СЗ), а также наименьшее и наибольшее значения внутри основной группы и группы сравнения.

Согласно признаку 1 из таблицы 1, в среднем участники основной группы принимают антикоагулянтную терапию более года, а в группе сравнения не принимают совсем. Также в отличие от группы сравнения у основной группы уровень знаний о ФП, понимание важности регулярного приёма препарата, знания о риске инсульта, удовлетворённость антикоагулянтной терапией выше.

В таблице 2 приведена часть результатов корреляционного анализа, где полужирным шрифтом выделены статистически значимые корреляции (уровень значимости меньше 0,05), а пустые ячейки означают, что посчитать коэффициент корреляции нельзя. В данном случае причина невозможности подсчёта коэффициента корреляции – детерминированность признака 5 для группы сравнения, а именно все участники группы сравнения ответили, что не удовлетворены антикоагулянтной терапией.

Согласно таблице 2, пары признаков 1 – 10 имеют слабую и в большинстве случаев статистически незначимую взаимосвязь внутри каждой из групп, однако обладают сильной корреляцией по выборке в целом. То есть признаки 1 – 5 из таблицы 1 могут использоваться для разделения исходных данных на группы, так как дают новую информацию о наблюдениях. Наоборот, пары признаков 11 – 12 имеют статистически значимую взаимосвязь как внутри каждой группы, так и в общей выборке – значит, можно не рассматривать один из коррелируемых признаков.



Таблица 3 – Лучшие признаки по критерию дискриминантного анализа

| №  | Признак                                                                                                                                                                | J(k) | Основная группа |            |           | Группа сравнения |           |           |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------------|------------|-----------|------------------|-----------|-----------|
|    |                                                                                                                                                                        |      | СЗ              | Наим. зн-е | Наиб.зн-е | СЗ               | Наим.зн-е | Наиб.зн-е |
| 1  | Антикоагулянтная терапия<br>(0 – не принимает, 1 – принимает менее года, 2 – от 1 до 5 лет, 3 – более 5 лет)                                                           | 9,48 | 2,06            | 2          | 3         | 0,12             | 0         | 2         |
| 2  | Как вы оцениваете свой уровень знаний о ФП?<br>(1 – низкие, 5 – высокие)                                                                                               | 5,28 | 4,31            | 3          | 5         | 1,48             | 1         | 4         |
| 3  | Насколько важно, по вашему мнению, регулярно принимать препарат для профилактики инсульта в соответствии с назначениями?<br>(1 – совершенно не важно, 5 – очень важно) | 3,11 | 4,15            | 2          | 5         | 1,61             | 0         | 4         |
| 4  | Как вы оцениваете свои знания о риске инсульта как об основном осложнении ФП?<br>(1 – низкие, 5 – высокие)                                                             | 2,62 | 4,28            | 3          | 5         | 2,08             | 1         | 4         |
| 5  | Удовлетворенность антикоагулянтной терапией<br>(1 – затрудняюсь ответить, 2 – удовлетворён)                                                                            | 1,45 | 1,50            | 1          | 2         | 1,00             | 1         | 1         |
| 6  | Протромбин (в процентах)                                                                                                                                               | 1,21 | 84,02           | 60,8       | 105,5     | 95,18            | 62,1      | 110,8     |
| 7  | САД (в мм рт. ст.)                                                                                                                                                     | 1,14 | 140,78          | 137        | 148       | 144,3            | 135       | 159       |
| 8  | ПВ (в секундах)                                                                                                                                                        | 1,14 | 13,78           | 11,8       | 15,8      | 12,98            | 11,3      | 15,6      |
| 9  | Разница ПВ между вторым и первым визитом (в секундах)                                                                                                                  | 1,12 | 0,64            | -2,1       | 3,4       | -0,08            | -2,9      | 4         |
| 10 | АЧТВ (в секундах)                                                                                                                                                      | 1,08 | 31,90           | 27,3       | 42,1      | 30,01            | 25,3      | 40,2      |



Таблица 4 – Результаты корреляционного анализа

| №  | Признаки | Коэффициент корреляции Спирмена (основная группа) | Коэффициент корреляции Спирмена (группа сравнения) | Коэффициент корреляции Спирмена (основная группа и группа сравнения) |
|----|----------|---------------------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 1  | 1, 2     | 0,06                                              | 0,14                                               | <b>0,83</b>                                                          |
| 2  | 1, 3     | 0,29                                              | -0,13                                              | <b>0,78</b>                                                          |
| 3  | 1, 4     | 0,07                                              | 0,07                                               | <b>0,79</b>                                                          |
| 4  | 1, 5     | 0,20                                              |                                                    | <b>0,61</b>                                                          |
| 5  | 2, 3     | 0,01                                              | 0,22                                               | <b>0,75</b>                                                          |
| 6  | 2, 4     | <b>-0,39</b>                                      | 0,08                                               | <b>0,64</b>                                                          |
| 7  | 2, 5     | 0,20                                              |                                                    | <b>0,58</b>                                                          |
| 8  | 3, 4     | -0,06                                             | -0,01                                              | <b>0,62</b>                                                          |
| 9  | 3, 5     | 0,01                                              |                                                    | <b>0,51</b>                                                          |
| 10 | 4, 5     | -0,15                                             |                                                    | <b>0,44</b>                                                          |
| 11 | 6, 10    | <b>-0,41</b>                                      | <b>-0,57</b>                                       | <b>-0,61</b>                                                         |
| 12 | 9, 10    | <b>-0,38</b>                                      | <b>0,48</b>                                        | <b>0,18</b>                                                          |

В ходе многоэтапной эвристической процедуры отбора признаков, использующей критерий дискриминантного анализа и результаты корреляционного анализа, было установлено, что признаками, наилучшим образом разделяющими участников основной группы и группы сравнения, являются вопросы анкеты: «Антикоагулянтная терапия» ( $J = 9,48$ ), «Как вы оцениваете свой уровень знаний о ФП?» ( $J = 5,28$ ), «Насколько важно, по вашему мнению, регулярно принимать препарат для профилактики инсульта в соответствии с назначениями?» ( $J = 3,11$ ), «Как вы оцениваете свои знания о риске инсульта как об основном осложнении ФП?» ( $J = 2,62$ ), «Удовлетворенность антикоагулянтной терапией» ( $J = 1,45$ ).

На основе отобранных признаков можно сделать вывод о том, что пациенты, прошедшие обучение, имеют более высокий уровень знаний о ФП и риске инсульта как об основном осложнении ФП, тщательнее следуют рекомендациям врача по приёму препарата и, как следствие, имеют большую удовлетворённость антикоагулянтной терапией.

### Литература

1. Гайдель, А.В. Исследование текстурных признаков для диагностики заболеваний костной ткани по рентгеновским изображениям [Текст] / С.С. Первушкин // Компьютерная оптика. – 2013. – Т.37. – №1. – С.113–119.
2. Fukunaga, K. Introduction to statistical pattern recognition [Текст] / K. Fukunaga. – San Diego: Academic Press, 1990. – 592p.
3. Каримов, Р.Н. Статистика для врачей в понятном изложении [Текст]: руководство / Каримов Р.Н., Шварц Ю.Г. – Саратов: Изд-во Саратовского мед. ун-та, 2014. – 460 с.



А.В. Колсанов<sup>1</sup>, А.К. Назарян<sup>1</sup>,  
А.В. Иващенко<sup>2</sup>, Н.А. Горбаченко<sup>2</sup>, А.С. Черепанов<sup>2</sup>

### АРХИТЕКТУРА СРЕДСТВ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ХИРУРГИЧЕСКИХ ТРЕНАЖЕРОВ

(Самарский государственный медицинский университет,  
Самарский национальный исследовательский университет имени академика  
С.П. Королёва)

В настоящее время симуляционные технологии широко применяются в высшем медицинском образовании. В частности, широко распространены лапароскопические и эндоваскулярные тренажеры [1 – 3], используемые на различных этапах додипломного и последипломного образования. Однако, необходимость постоянного совершенствования существующих хирургических тренажеров и разработки новых, расширение перечня учебных кейсов и применение новых трехмерных моделей органов человеческого тела, с учетом различия методик обучения в разных университетах, обуславливает новые требования к программному обеспечению хирургических тренажеров, такие как интероперабельность, открытая архитектура и возможность функционирования в едином информационном пространстве.

В результате обобщения этих требований, а также опыта по внедрению симуляционных технологий, была сформулирована идея создания средств разработки программного обеспечения (СРПО или SDK – software development kit), предназначенных для адаптации существующих хирургических тренажеров при их внедрении в учебный процесс и создании качественно новых симуляционных решений для высшего медицинского образования. Назначение разработки – предоставить возможность быстрого и удобного создания новых хирургических тренажеров и трехмерных атласов на базе существующих разработок и аппаратно-программных компонентов. В данной статье представлены основные принципы проектирования расширяемой программной архитектуры СРПО в рамках решения поставленной задачи.

В предлагаемом подходе к построению распределенной архитектуры платформы для моделирования операционных случаев будем использовать шаблон проектирования «Сущность-компонент» [4]. Все объекты, описываемые в операционном случае (кейсе) (инструменты, органы, элементы окружения) являются контейнерами, не имеющими собственного поведения. На этапе моделирования с ними ассоциируются аспекты поведения, реализуемые в виде компонентов. Каждый компонент характеризуется именем и типом и реализует один или несколько интерфейсов для взаимодействия, которые могут быть получены путем отправки соответствующего запроса каждому компоненту.

Ответственность за создание и контроль жизненного цикла компонента возлагается на подсистемы, которые обслуживают поведение всех компонентов определенной группы. Пример подсистемы: физическая сцена, обеспечиваю-



щая создание, уничтожение и контроль компонентов, отвечающих за моделирования динамики твердых и мягких тел.

Пример отношения подсистем и компонентов представлен на рисунке 2. Подсистемы регистрируются в ядре платформы при подключении программных модулей, содержащих эти подсистемы. В результате этого в системе появляются новые аспекты поведения объектов.

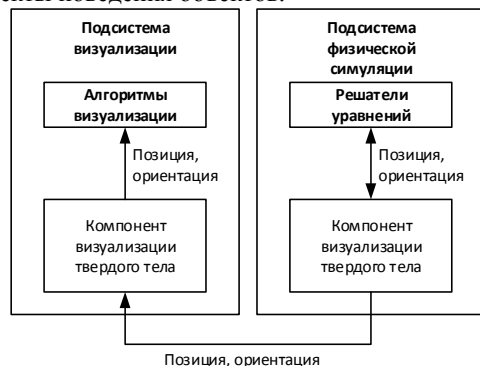


Рис. 2. Отношение подсистем и компонентов

Программная логика тренажера разделяется на базовую (управление памятью, ресурсами, созданием и удалением компонентов, объектов сцены, ведение журналов работы приложения и т.д.) и специфичную (алгоритмы визуализации, физического поведения, контроля сценария операции, поведения инструментов на сцене и т.д.). Базовая логика реализуется в ядре системы и обеспечивает взаимодействие между объектами. Специфичная логика полностью реализуется в подключаемых модулях, что обеспечивает возможность разработки модулей, работающих с наиболее подходящими для моделирования конкретного операционного случая внешними зависимостями (например, с физической библиотекой PhysX или Bullet).

Использование этого подхода имеет ряд преимуществ:

- отсутствие необходимости в глубокой иерархии классов, что уменьшает дублирование логики при большом количестве различных аспектов поведения объектов;
- возможность определения поведения объекта без перекомпиляции исходного кода, что уменьшает накладные затраты на разработку операционного случая;
- возможность распространения данных и алгоритмов в виде подключаемых модулей, легко интегрируемых в систему для расширения ее функциональности без масштабных изменений уже существующих частей системы.

Недостатками данного подхода являются:

- взаимодействие между компонентами сопряжено с накладными расходами времени выполнения из-за отсутствия знания о потребителях и поставщиках



данных (разрешение имен, контроль типов данных), поэтому требует от программиста минимизации этого взаимодействия;

- многообразие различных по своей природе компонентов делает необходимой разработку механизма хранения и получения метаданных о свойствах компонента для идентификации типа и контроля платформой допустимых сценариев взаимодействия компонентов между собой.

Ядро системы предоставляет низкоуровневые базовые службы, не привязанные к моделируемой предметной области и обеспечивающие среду для взаимодействия объектов друг с другом. Базовый каркас системы предоставляет стандартные службы, общие для моделирования широкого круга операционных случаев. К таким службам относятся различные подсистемы визуализации (OpenGL, OGRE), подсистемы физической симуляции (PhysX, Bullet, SOFA), подсистемы управления сценариями (Lua, SquitrelScript), библиотеки графического интерфейса пользователя (SDL, Qt) и т.д.

Каркас операционного блока представляет собой набор аспектов поведения, специфичных для конкретного типа операций. Например, каркас эндоскопического блока может содержать алгоритмы взаимодействия органов и инструментов (захват, разрез, пункция), алгоритмы контроля состояния пациента и качества выполнения оперативных действий оператора, модули взаимодействия с аппаратной частью тренажера. Специфичные алгоритмы конкретного операционного случая могут включать в себя детекторы успешности завершения операции (например, контроль видимости объекта при отработке навыка позиционирования камеры), контроллеры параметров конкретной операции (например, корректность позиционирования эндоскопических клипс на сосудах) и т.д.

Для каждого из уровней определяются свои интерфейсы и реализации этих интерфейсов, что позволяет иметь возможность как использования, например, физической подсистемы через ее обобщенный интерфейс, при этом имея возможность выбора конкретной реализации (PhysX, Bullet, SOFA) под нужды моделируемого случая, так и использования расширений, специфичных для какой-то конкретной подсистемы.

Оценка действий пользователей с использованием методов интервального корреляционного анализа [5] позволяет адаптировать сценарии к текущему уровню владения методиками хирургического вмешательства.

Результаты практической реализации предложенного подхода показывают, что он может быть использован для описания различных по природе аспектов поведения объектов сцены в рамках единой архитектуры, обеспечивающей хорошую гибкость настройки поведения и активное повторное использование готовых компонентов. При этом подход обладает относительно небольшими накладными расходами по сравнению с описанием аспектов поведения непосредственно в объектах сцены без использования динамического связывания.

Предложенные принципы проектирования расширяемой программной архитектуры средств разработки программного обеспечения для самостоятельного формирования медицинским сообществом решений в среде симуляционных технологий в медицине позволяют сократить временные затраты и трудо-





емкость создания новых хирургических тренажеров, а также адаптации существующих симуляционных решений при их внедрении и практическом использовании.

Данная работа поддержана грантом Минобрнауки России 2014-14-579-0003, соглашение 14.607.21.0007.

### Литература

1. Колсанов А.В., Яремин Б.И., Воронин А.С., Черепанов А.С., Иващенко А.В., Сапцин Н.В. Программное обеспечение тренажера эндоваскулярной хирургии // Программные продукты и системы, 2013. – № 2. – с. 262 – 267
2. Колсанов А.В., Чаплыгин С.С., Иващенко А.В., Кузьмин А.В., Горбаченко Н.А., Милоткин М.Г. Программное обеспечение тренажера лапароскопической хирургии // Программные продукты и системы, 2013. – № 2. – с. 267 – 270
3. Колсанов А.В., Иващенко А.В., Кузьмин А.В., Черепанов А.С. Комплекс «Виртуальный хирург» для симуляционного обучения хирургии // Медицинская техника, 2013. – № 6. – с. 7 – 10
4. Nystrom R. Component [Электронный ресурс] // Game Programming Patterns. URL: <http://gameprogrammingpatterns.com/component.html> (дата обращения: 12.11.2015).
5. Иващенко А.В. Интервально-корреляционный анализ ритмичности взаимодействия в интегрированной информационной среде предприятия / Системы управления и информационные технологии, 2010, № 1(39) – с. 32 – 36

Н.И. Лиманова, С.Г. Атаев

### АЛГОРИТМ ПРОГРАММНОГО АНАЛИЗА И МЕТОД ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТОМОГРАФИИ

(Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)

В настоящее время компьютерная томография (КТ) является неотъемлемой частью амбулаторной и стационарной медицинской помощи. Показания к её проведению определяет широкий круг врачей многих специальностей. Предложенный авторами метод разработан для рентгеновской компьютерной томографии, однако он не привязан к способу получения томографического изображения и может быть адаптирован для других видов томографии.

Послойная структура томографических снимков дает возможность специалистам получать исчерпывающую информацию об объектах, изображённых на снимках. Толщина каждого среза может варьироваться и выбирается в зависимости от специфики исследуемых органов, однако имеют место и ограничения, налагаемые томографом. Особенностью томографических снимков является размещение изучаемых объектов сразу на нескольких слоях. В настоящее



время диагностика с применением послойных томографических снимков проводится медицинским персоналом визуально. Послойная структура томограмм обуславливает сложность восприятия специалистом информации об исследуемых объектах, что затрудняет процесс проведения диагностики.

В работе предложены метод и алгоритм, позволяющие проводить анализ объектов, изображённых на снимках компьютерной томографии, а также выполнять их параметризацию.

Каждый слой проекции томограммы даёт точное значение плотности любого из пикселей на снимке, которые потом отображаются как светлые и тёмные оттенки серого. Чем светлее оттенок серого, тем плотнее ткань в пределах пикселя [1]. Таким образом, наличие информации о множестве вокселей (аналог пикселя для трёхмерного пространства: область, проецирующаяся на пиксел томографического среза), относящихся к целевому объекту снимка, даёт исчерпывающие сведения о свойствах объекта в каждой точке пространства, и делает возможным его дальнейший анализ и исследование.

Задачу параметризации объекта, изображённого на снимке, можно разделить на подзадачи определения границ объекта (представляет из себя частный случай задачи сегментации изображения [2]) и последующей параметризации этого объекта путём обращения к определённому ранее множеству вокселей. В качестве примера задачи параметризации объекта рассмотрим задачу определения объёма объекта.

В связи с тем, что разрешающая способность мониторов не способна отразить весь диапазон градаций плотности (по шкале Хаунсфилда), каждый томографический снимок имеет свой собственный диапазон плотностей, отображаемых с помощью оттенков, находящихся между чёрным и белым цветами. Данный диапазон зависит от специфики снимаемых объектов, и точная информация о плотности тканей за пределами данного диапазона теряется [3]. Границы диапазона задаются двумя значениями: центром диапазона и его шириной. Чисто белому цвету пикселя соответствует ткань, превосходящая по плотности диапазон отображения, чисто чёрному цвету — ткань, менее плотная, чем диапазон отображения. Промежуточные оттенки серого цвета пикселя проецируют значения плотности из интервала отображения и позволяют делать вывод о точной величине плотности ткани, находящейся в конкретной точке пространства.

Рассмотрим метод определения границ исследуемого объекта. Его работа начинается с загрузки пользователем упорядоченных слоёв томографического снимка в программу и указания начальной точки определения объекта. Также пользователь должен ввести показатель толщины для каждого слоя и указать граничное значение яркости пикселя (в интервале между 0 и 1, т.е. чёрным и белым цветами, соответственно) или плотности в единицах Хаунсфилда, которое послужит критерием проверки принадлежности каждого пикселя к выбранному объекту в процессе дальнейшей работы алгоритма. В список пикселей на данном слое, относящихся к целевому объекту, добавляется стартовый пиксел. Одновременно ведётся список пикселей, в который изначально поме-



щаются координаты пикселей, находящихся на границе с объектом. Таким образом, каждая из координатных пар пограничных пикселей извлекается из списка, и пиксел проверяется на критерий принадлежности. В случае удовлетворения критерию эта пара пополняет список координат пикселей, относящихся к целевой области. Если пиксел не удовлетворяет значению критерия, он обозначается как проверенный и не участвует в дальнейшей работе алгоритма.

Поиск пикселей в рамках стартового слоя заканчивается в момент, когда все граничные пиксели рассмотрены, и дальнейшее расширение исследуемой области невозможно. Далее следует проверка возможности расширения исследуемой области на соседние слои до тех пор, пока это возможно. Для этого необходимо повторять поиск пикселей для каждого нового соседнего слоя, двигаясь как в сторону увеличения номера слоя, так и в сторону уменьшения номера слоя. На каждом из этих слоёв поиск начинается с заполнения списка граничных объекту пикселей в соответствии с наличием на соседних слоях пикселей объекта и проходит аналогично поиску на стартовом слое. В тот момент, когда на рассматриваемом слое не обнаруживается пикселей, удовлетворяющих критерию принадлежности, расширение области на соседние слои в данном направлении завершается.

Как только завершается расширение области на соседние слои в обоих направлениях, поиск новых пикселей объекта заканчивается. Результатом обхода слоёв являются сведения о множестве пикселей, принадлежащих к исследуемому объекту. В совокупности со слоями снимков, хранящими информацию о плотности каждого вокселя объекта, это дает исчерпывающую информацию о его строении. Её наличие позволяет проводить дальнейшие действия по параметризации объекта.

Анализ совокупности координат пикселей объекта позволяет определять габариты и другие характеристики объекта в пространстве. Учёт величины плотности объекта при этом дает возможность делать выводы о его внутренних свойствах. Рассмотрим далее аспект параметризации на примере определения объёма объекта.

Общий объём исследуемого объекта равен сумме объёмов тех его частей, которые размещены на каждом из слоёв. Объём объекта на каждом слое можно вычислить как сумму объёмов вокселей этого слоя, относящихся к объекту. Объём каждого вокселя определяется как произведение площади пикселя на слое и толщины этого слоя. В рамках рассмотренного примера толщина слоя постоянна (2,5мм), поэтому постоянна и объём вокселя, вычисляемый по формуле объёма параллелепипеда:  $0,54590\text{мм}^3$  ( $0,21836\text{мм}^2 * 2,5\text{мм}$ ). Реальная форма вокселя может быть отлична от параллелепипеда по причине спирального хода томографического аппарата при съёмке, но его объём от этого не изменяется [1, 4]. В результате, зная объём каждого вокселя на слое ( $V_{vox_i}$ ) и их количество ( $N_i$ ), можно вычислить объём той части объекта, которая располагается на конкретном слое по следующей формуле:

$$V_i = V_{vox_i} * N_i$$



где  $V_i$  – объём объекта на  $i$ -том слое,  $V_{vox_i}$  – объём единичного вокселя на  $i$ -том слое, а  $N_i$  – количество вокселей, принадлежащих объекту также на  $i$ -том слое. Итоговый объём вычисляется как сумма объёмов объекта на всех слоях снимка.

Предлагаемые метод и алгоритм реализованы на языке программирования C#. На рисунке 1 приведён внешний вид интерфейса программного комплекса, реализующего алгоритм. В качестве исходных данных использованы 8 слоёв томографического снимка, для которых было выполнено автоматическое определение границ надчелюстной пазухи и последующее вычисление её объёма.



Рисунок 1 – Внешний вид интерфейса программного комплекса

Алгоритм определения границ объекта, описанный выше, способен при необходимости выполнять более комплексные задачи. В качестве примера можно рассмотреть вариант с комбинацией двух областей захвата с различным значением критерия граничной яркости, начинающихся из одной точки. На рисунке 2 изображена верхнечелюстная пазуха, определение границ которой было проведено два раза из одной и той же стартовой точки с различными значениями критерия. Таким образом, вычитая из множества координат пикселей первой области множество координат пикселей второй, можно получить множество координат пикселей, описывающее отличные от нормы наросты во внутричерепной полости, плотность ткани которых меньше плотности границ полости, но больше плотности воздуха, в нормальном случае наполняющего эту полость.

Применение разработанных метода и алгоритма позволяет автоматизировать процессы анализа послойных снимков КТ путём вычисления параметров объектов и их визуализации. Комбинирование зон захвата дает возможность определять объекты более сложной структуры. Автоматизированное вычисление параметров объектов способно повысить точность постановки диагнозов и сократить вероятность врачебных ошибок.



Рисунок 2 – Комбинирование двух областей захвата

### Литература

1. Матиас Хофер. Компьютерная томография. Базовое руководство / Пер. с англ. А.П. Кутков, Ф.И. Плешков, В.В. Ипатов. // Мед. Лит., 2000. – 224 с.
2. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений [Текст] / Р. Гонсалес, Р. Вудс. : пер. с англ. под ред. П. Чочиа. – М.: Техносфера, 2005. – 1070 с.
3. Сканирование на компьютерном томографе. Шкала Хаунсфилда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://medicalplanet.su/neurology/769.html>, свободный. Яз. рус. (дата обращения 16.01.2015).
4. КТ (Компьютерная томография) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://humbio.ru/humbio/har\\_nevr/000c9967.htm](http://humbio.ru/humbio/har_nevr/000c9967.htm), свободный. Яз. рус. (дата обращения 20.01.2015).

А.В. Пермяков

### ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ В МЕДИЦИНЕ

(Пензенский государственный технологический университет)

Развитие современной науки и техники невозможно представить без компьютерных технологий. Информационные технологии, связанные с компьютерами, проникают во все сферы жизни человека. Современная медицина и медицинская инженерия, также не может существовать без электронных вычислительных машин (ЭВМ). Применение ЭВМ имеет большое значение для исследования, разработки и создания медицинской техники и изделий медицинского назначения.

В настоящее время врачи и инженеры, с помощью идей и методов современной кибернетики, могут решать достаточно широкий спектр медицинских проблем. Человеческий организм очень сложная система. Понимание и изучение большинства процессов в организме невозможно провести без моделирова-



ния. Инженер, на основе интересующей физиологической системы, создает упрощенное представление – модель. Ограниченность существующего уровня знания о явлении или объекте делает модель упрощенной и абстрактной, но помогает объяснить существенные стороны наблюдаемого явления.

Количественное описание процесса или утраченной функции организма представляет собой его математическую модель. В свою очередь имитационное моделирование позволяет проводить эксперименты с целью получения информации о моделируемой системе. Воспроизводя эксперимент во времени можно получить новые знания о сути явления, не проводя эксперимента на реальном объекте.

Имитационное моделирование физиологических систем, несмотря на большое число проведенных исследований учеными и инженерами, все еще остается недостаточно изученным. Но благодаря информационным технологиям и современным методам моделирования становится возможным не только изучение отдельных процессов, появляются новые возможности для объективной оценки влияния различных факторов на состояние сложной системы, которой является человек [1].

Для решения задач имитационного моделирования необходимо качественно и количественно анализировать работу систем организма при воздействии внешних факторов. Это становится возможным только при всестороннем тщательном накоплении знаний об анатомии и физиологии человека. Особенно важным имитационное моделирование становится при моделировании состояния больного во время тяжелых оперативных вмешательств и восстановления нарушенных функций организма.

В последние годы остро проявляется проблема высокой заболеваемости и смертности трудоспособной части населения. Причиной, в большинстве случаев, являются болезни сердца и патологии его клапанов. В современной России летальность от заболеваний сердечно-сосудистой системы является очень высокой. В настоящий момент важна работа по внедрению и развитию новых технологий лечения сердца и сосудов. Своевременные способы лечения в виде имплантации эндопротезов клапанов сердца, являются наилучшей заменой традиционным методикам сердечно-сосудистой хирургии.

С увеличением возраста пациентов негативное влияние фактора сердечно-сосудистых заболеваний только усиливается [2]. При патологической работе клапанов сердца, существуют методики внедрения искусственных транскатетерных клапанов сердца. При помощи рентгена врач может следить за своими действиями и осуществлять контроль процесса установки искусственного транскатетерного клапана. Данные методики дают возможность предотвратить негативные последствия болезни сердца и клапанов, позволяют улучшить прогноз пациента.

Сегодня с помощью возможностей прикладного программного обеспечения и имитационного моделирования можно решать проблемы осуществления проектов в сфере биомеханики и сопровождении изделия на всех стадиях жизненного цикла [3]. Производство современной и безопасной медицинской тех-



ники дорогостоящий и длительный процесс. Огромное значение приобретают вопросы правильного функционирования медицинской техники и изделий медицинского назначения. В тоже время, имитационное моделирование позволяет значительно снизить затраты экономических и временных ресурсов.

Задачи эндопротезирования успешно решаются с помощью имитационного моделирования. Такой вид моделирования обладает очень большими возможностями, за счет применения современных информационных технологий. Известны [4] основные особенности применения имитационного моделирования в медико-технических системах, а системы автоматизированного проектирования могут использоваться, например, для оценки работоспособности технических изделий. Моделирование разрабатываемого эндопротеза позволяет повысить уровень надежности изделия.

Имитационные модели находят все большее применение в медико-биологической и учебно-инженерной практиках. Например, математическое моделирование тестовых электрокардиосигналов невозможно осуществить без обработки с применением современных информационных технологий [5].

Развитие информационных технологий, позволяет расти областям науки и техники связанным с медициной. Имитационное моделирование находит свое применение и открывает новые возможности для моделирования состояния больного во время тяжелых оперативных вмешательств, восстановления нарушенных функций организма, усовершенствования методик проведения операций, снижения затрат экономических и временных ресурсов. В дальнейшем роль информационных технологий в медицине будет увеличиваться, что вызовет ускорение научно-технического прогресса.

### Литература

1. Шумаков В. И., Новосельцев В. Н., Сахаров М. П., Штенгольд Е. Ш. Моделирование физиологических систем организма / Под ред. Б. В. Петровского. – М.: Изд-во «Медицина», 1971. – с. 3-12.
2. Сердечно-сосудистые заболевания у пожилых / Под ред. А.И. Дядька, А.Э. Багрия. – Киев.: Изд-во «Люди в белом», 2013. – с. 8-10.
3. Яблочников Е. И., Фомина Ю. Н., Саломатина А. А. Компьютерные технологии в жизненном цикле изделия: учебное пособие – СПб.: Изд-во СПбГУ ИТМО, 2010. – с. 5-7.
4. Сидорова М. А., Костенков С. Ю. Особенности имитационного моделирования электрофизиологических сигналов. – СПб.: Изд-во «Политехника», Биотехносфера. Научный журнал. 2014. - № 3, с. 55-57.
5. Сидорова М. А., Костенков С. Ю. Математическое моделирование тестовых электрокардиосигналов. Медицинская техника: Научно-технический журнал. 2015. - № 1. - М., с. 23-27.



О.В. Пищулина<sup>1</sup>, А.П.Мышенцева<sup>2</sup>, А.Е. Акимова<sup>1</sup>, Л.С. Зеленко<sup>1</sup>

### РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОКАЗАТЕЛЕЙ СТОМАТОЛОГИЧЕСКОГО ЗДОРОВЬЯ

(<sup>1</sup>Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва,

<sup>2</sup>Самарский государственный медицинский университет)

Важнейшими факторами риска в развитии основных стоматологических заболеваний являются игнорирование основ рациональной гигиены полости рта, нарушение режима питания, частое употребление подслащенной пищи и напитков, а также нерезультативная санитарно-просветительская работа и относительная недоступность стоматологической помощи для сельских жителей. Изучение стоматологической заболеваемости базируется на общепринятых методах: по данным обращений, по данным медосмотров и по данным выборочных кластерных (гнездовых) исследований. Среди методов эпидемиологического исследования чаще всего применяется рекомендованный Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ, 1995) метод кластерных (гнездовых) выборок, которые существенно бы отличались по уровню заболеваемости (по 10-15 пунктов обследования в различных географических, административных, этнических и др. регионах).

По результатам изучения стоматологической заболеваемости рассчитывают разнообразные показатели, которые наиболее полно характеризуют уровни стоматологических заболеваний. В стоматологии такими показателями являются различные индексы: индекс КПУ зубов (интенсивность кариеса), индекс СРITN (распространенность и интенсивность заболеваний пародонта), индексы гигиены полости рта и другие, которые позволяют количественно оценивать состояние зубов, пародонта, уровень гигиены полости рта.

При большом объеме результатов обследования ручной расчет показателей становится достаточно трудоемким. В связи с этим появилась необходимость в разработке автоматизированной системы, которая позволит хранить информацию о пациентах и о результатах их стоматологических осмотров, рассчитывать основные стоматологические показатели по различным критериям согласно методике ВОЗ (1995), формировать сводные отчеты, а также накапливать статистические данные. На основе полученных данных можно делать прогнозы по распространённости заболеваний и определять комплекс мер по их предотвращению.

Навигация в системе осуществляется через главное меню, на рис. 1 приведены основные разделы: «Пациенты», «Осмотры», «Справочники», «Общие показатели».



Рис.1. Главное меню системы

В разделе «Пациенты» производится работа с анкетными данными пациентов (рис. 2). Пользователь может провести фильтрацию списка пациентов по нескольким критериям (фамилия, год рождения, географическое положение, тип населенного пункта), добавить, изменить, удалить информацию о пациенте, а также перейти в раздел «Осмотры» для работы с данными выбранного пациента.

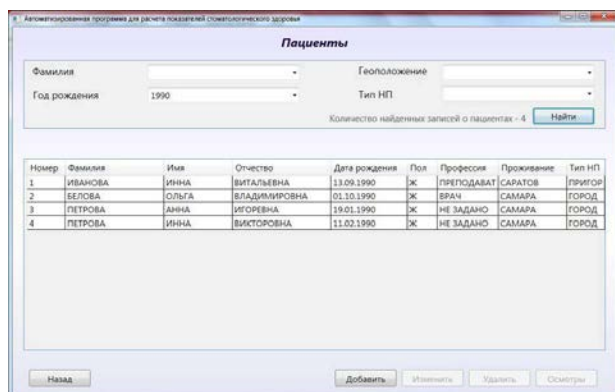


Рис. 2. Окно работы с пациентами

В разделе «Осмотры» пользователь вводит/просматривает информацию о результатах стоматологического осмотра (рис. 3). Помимо основных данных об осмотре может быть заполнена анкета для беременных женщин (количество беременностей и родов, наличие хронических заболеваний,отягощающих течение беременности и родов). Кроме этого, пользователь имеет возможность произвести расчет значений индексов КПУзубов (сумма кариозных («К»), пломбированных («П») и удаленных («У») зубов у одного обследованного), индекса DAI



(Dental Aesthetic Index) для выявления ортодонтических аномалий, индекс CPITN (распространенность и интенсивность заболеваний пародонта). Информацию о результатах стоматологического осмотра можно экспортировать в файл формата Excel.

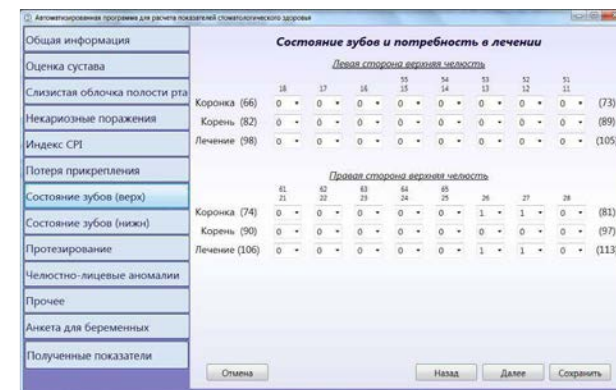


Рис. 3.Экранная форма с данными стоматологического осмотра

В разделе «Общие показатели» (рис. 4) производится расчет стоматологических показателей: УСП (уровень стоматологической помощи), усредненные КПУзубов и CPITN на основании данных выбранной группы пациентов. Пациенты, входящие в список для расчетов, могут быть отобраны по следующим критериям: фамилия, географическое положение, дата осмотра, год рождения, тип населенного пункта, триместр (для беременных).

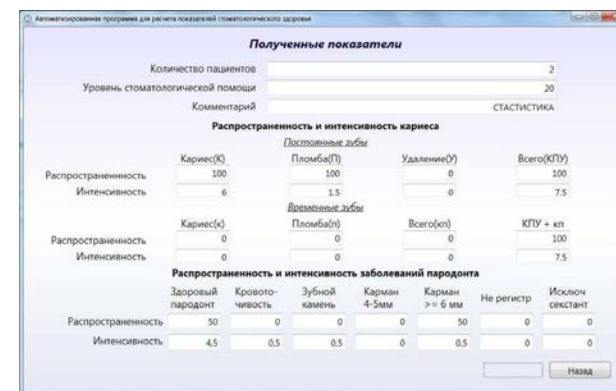


Рис. 4.Экранная форма стоматологических показателей

Вся информация системы хранится в базе данных, для удобства работы пользователя часть информации хранится в виде справочников: типы населен-



ных пунктов, страны, географическое положение, профессии, этнические группы. На рис. 5 приведена экранная форма раздела «Справочники».

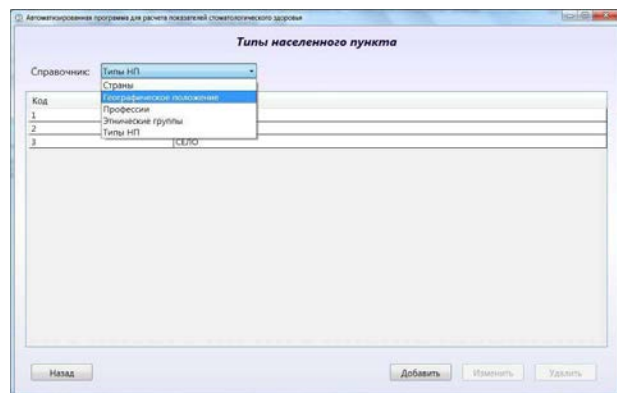


Рис.5. Экранная форма работы со справочниками

Разработанная система может быть использована для мониторинга стоматологического здоровья беременных женщин. Кроме того, в программе имеется развернутая справочная информация как о возможностях системы, так и о порядке проведения стоматологического осмотра. Также в системе имеется возможность создать резервную копию базы данных и восстановить данные из последней сохраненной версии.

Система разработана на языке программирования C# с использованием технологии WPF для создания интерфейса пользователя и функционирует под управлением операционной системы Windows. В качестве СУБД выбрана SQL Server 2012 Express LocalDB – облегченная версия Express, которая имеет все программные функции, запускается в пользовательском режиме, быстро устанавливается, не требует настройки и имеет низкие системные требования.

В.П. Пономарев, И.Ю. Белоглазов

## ПРИМЕНЕНИЕ ФАКТОРНОГО И КЛАСТЕРНОГО СТАТИСТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В МЕДИЦИНЕ

(Самарский государственный технический университет)

Современная медицина часто проводит множественные анализы, данные которых представляют собой большой объем многомерной статистической информации. Применение компьютерных методов многомерного анализа позволяет выявить в этих медицинских данных ценные сведения и знания для диагностики и лечения заболеваний.



Так, факторный анализ данных позволяет выделить латентные (скрытые и не доступные для непосредственного измерения) характеристики исследуемых явлений или процессов. Идея, заложенная в основе факторного анализа, утверждает, что если некоторые данные изменяются согласованно, то можно предположить существование определенных общих причин их изменения, т.е. некоторых скрытых факторов.

Методы кластерного анализа, основанные на использовании понятий меры сходства и различия, позволяют объединять интегрально близкие по показателям объекты в кластеры. Выбор метрики в каждой задаче можно производить по-своему, с учетом целей исследования и физической природы информации. Наиболее часто употребляется формула евклидова расстояния:

$$\rho(x_i, x_j) = \sqrt{\sum_{k=1}^n (x_{ik} - x_{jk})^2}$$

где  $x_{ik}$  - координаты (параметры) первого объекта;  $x_{jk}$  - координаты (параметры) второго объекта;  $n$  – количество измерений. Однако можно использовать также метрики Махаланобиса:

$$\rho(X, Y) = \sqrt{(X - Y)^T \text{cov}(X, Y)(X - Y)}$$

где  $X$  - вектор координат первого объекта;  $\text{cov}(X, Y)$  - ковариационная матрица векторов первого и второго объектов;  $Y$  - вектор координат второго объекта или манхэттенское расстояние

$$\rho(x_i, x_j) = \sum_{k=1}^n |x_{ik} - x_{jk}|$$

где  $x_{ik}$  - координаты (параметры) первого объекта;  $x_{jk}$  - координаты (параметры) второго объекта;  $n$  – количество измерений.

Компьютерные программы позволяют наглядно изобразить весь процесс последовательного объединения объектов в виде дендрограмм, которые удобны для анализа данных.

Известную сложность в использовании методов многомерного анализа создает то обстоятельство, что они доступны только организациям, владеющим мощными математическими пакетами MATLAB или STATISTICA.

В качестве примера рассмотрим факторный и кластерный анализ с помощью пакета MATLAB биохимических данных крови у больных щитовидной железой, приведенные в таблице 1

В первом столбце таблицы 1 размещен порядковый номер пациента, значения  $X_1$ - $X_7$  – это количественные переменные, представляющие собой характеристики крови,  $Y_1$  - вид заболевания щитовидной железы.

Применив к данным  $X_1$ - $X_7$  факторный анализ методом главных компонент с помощью функций пакета MATLAB, получим выделение семи факторов со следующими процентами влияния на данные:

$$\text{latent} = 0.2534, 0.2354, 0.1381, 0.0457, 0.0209, 0.0049, 0.0024.$$

То есть, 1-й фактор определяет 25,3%, 2-й – 23,5%, 3-й 13,8% влияний на данные, а остальные, слабо влияющие составляют в сумме 7%. Такие результаты факторного анализа позволяют высказать предположение, что существуют 2





вида заболевания и возможно третий подвид. Анализ матрицы нагрузок медицинских показателей на выявленные латентные факторы показывает, что 1-й фактор тесно связан с показателями X4 и X6, 2-й фактор – с показателем X5, 3-й – с X1.

Таблица 1

| N п/п | X1    | X2    | X3    | X4   | X5   | X6   | X7  | Y1 |
|-------|-------|-------|-------|------|------|------|-----|----|
| 1     | 80,93 | 0,605 | 0,303 | 4,94 | 1,21 | 5,85 | 0,2 | 1  |
| 2     | 80,3  | 0,5   | 0,7   | 5,1  | 1,3  | 5,7  | 0,1 | 1  |
| 3     | 80,22 | 0,599 | 0,599 | 5,59 | 1,09 | 5,29 | 0,2 | 1  |
| 4     | 80,8  | 0,3   | 0,6   | 4,9  | 1,2  | 5,9  | 0,1 | 1  |
| 5     | 80    | 0,5   | 0,9   | 5,2  | 1,1  | 5,8  | 0,1 | 1  |
| 6     | 80,6  | 0,7   | 0,3   | 5,1  | 1,2  | 5,9  | 0,2 | 1  |
| 7     | 79,9  | 0,5   | 1     | 4,7  | 1,3  | 5,7  | 0,2 | 1  |
| 8     | 80,4  | 0,6   | 0,3   | 5,0  | 1,9  | 4,9  | 0,2 | 2  |
| 9     | 80    | 0,3   | 0,8   | 4,9  | 1,8  | 5,1  | 0,3 | 2  |
| 10    | 80,3  | 0,5   | 0,4   | 5,4  | 1,9  | 5,1  | 0,2 | 2  |
| 11    | 79,8  | 0,8   | 0,2   | 5,3  | 2    | 5,2  | 0,3 | 2  |
| 12    | 80,7  | 0,6   | 0,3   | 5,7  | 1,1  | 4,7  | 0,2 | 1  |
| 13    | 80,9  | 0,3   | 0,6   | 4,1  | 2    | 5,7  | 0,3 | 1  |
| 14    | 80,5  | 0,5   | 0,6   | 5,9  | 1,1  | 5,1  | 0,1 | 1  |
| 15    | 79,5  | 0,5   | 0,6   | 5,3  | 1,2  | 5,3  | 0,1 | 1  |
| 16    | 80,2  | 0,7   | 0,6   | 5,1  | 1,2  | 5    | 0,2 | 1  |
| 17    | 80,5  | 0,6   | 0,3   | 5,1  | 2,1  | 4,7  | 0,2 | 2  |
| 18    | 80,42 | 0,499 | 0,399 | 4,89 | 1,89 | 5,09 | 0,3 | 2  |
| 19    | 80,3  | 0,7   | 0,3   | 5,3  | 2    | 5,2  | 0,2 | 2  |
| 20    | 80,5  | 0,5   | 0,5   | 5,1  | 1,9  | 4,9  | 0,2 | 2  |

Подвернем теперь данные X1-X7 кластерному анализу с мерой близости по евклидовому расстоянию. Получим дендрограмму, приведенную на Рисунке 1 и наглядно показывающую процесс объединения близких по показателям пациентов.

Обратим внимание, что на некотором этапе объединения выделяются кластер пациентов 8,20,17,18,10,19,11,9, кластер пациентов 1,6,4,2,5,7,16,15 и отличающиеся пациенты 3,14,12,13. Теперь используем данные столбца Y1 и отметим, что все пациенты первого кластера имеют второй вид заболевания, а остальные – первый вид. Можно высказать предположение, что у пациентов с первым видом заболевания существуют некоторый подвид или они здоровы.

Таким образом, данные многомерного факторного и кластерного анализа могут служить дополнительным инструментом для диагностики заболевания. Аналогичные обработки других медицинских данных также выявляют полезные знания для диагностики и специфики лечения пациентов.

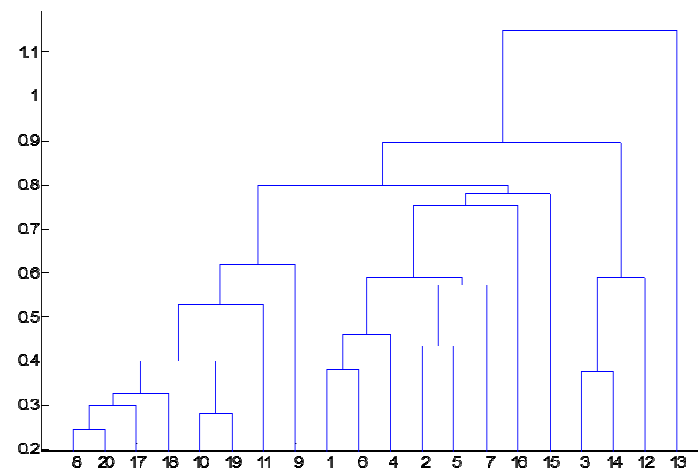


Рисунок 1. Дендрограмма кластерного анализа данных таблицы 1.

### Литература

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. -М.: Юнити, 2001. 656 с. ISBN 5-238-00304-8.
2. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. -М.: Физматлит, 2006. 816 с. ISBN 5-9221-0707-0.
3. Заболевания щитовидной железы // Обследование и лечение больных с заболеваниями щитовидной железы [Электронный ресурс]. - 2013. - Режим доступа: <http://www.thyromed.com/disease.php>. - Дата доступа: 21.05.2013.

А.С. Сергеев

### ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОАГЕНТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ПОДСИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ПАЦИЕНТОВ

(Пензенский государственный университет)

Исследование посвящено реализации подсистемы мониторинга на основе многоагентных технологий. Предлагаемая подсистема позволяет эффективно распределять ресурсы медицинского учреждения между пациентами, проходящими процедуру мониторинга.

При мониторинге, сведения от пациентов поступают в режиме *online*, и представляют собой большой объем медицинской информации. Специализированные системы позволяют выполнить обработку информации подобного рода, но при этом, вопрос эффективного распределения ресурсов является нерешен-



ной задачей. В силу ограниченности ресурсов медицинского учреждения и неограниченного потока поступающих пациентов, необходимо эффективно распределять ресурсы в соответствии с приоритетностью оказания медицинской помощи конкретному пациенту.

Решение подобной задачи тесно связано с применением многоагентного подхода для классического моделирования биологически активных систем типа «хищник - жертва», когда в качестве агентов принимается популяция хищников и травоядных особей соответственно. При таком подходе важнейшей задачей агентов является выживание под воздействием внешних факторов, а также других агентов.

Для выживания жертве необходимо вырабатывать приспособления противодействия хищникам, что в свою очередь вызывает у хищников механизмы преодоления этих приспособлений. Совместное существование хищников и жертв на протяжении длительного промежутка времени приводит к формированию системы взаимодействия, при которой сохраняется баланс хищников и жертв.

В качестве демонстрации примера взаимодействия хищников и жертв применяется модель Лотки-Вольтерра. Системы Лотки-Вольтерра описывают динамику численности хищников и жертв на замкнутой территории и задается следующими уравнениями [3]:

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = N_1(\varepsilon_1 - \gamma_2 N_2) \\ \frac{dN_2}{dt} = N_2(\varepsilon_2 - \gamma_1 N_1) \end{cases}, \text{ где}$$

$N_1$  – количество хищников,

$N_2$  – количество жертв,

$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \gamma_1, \gamma_2$  – параметры системы.

На рисунке 1 приведена зависимость числа хищников от числа жертв при различных начальных условиях.

Подсистема мониторинга реализована на основании биологически активной системы «хищник - жертва» с применением многоагентных технологий.

Имеется две группы агентов: пациенты медицинского учреждения и услуги и оборудование медицинского учреждения. В задачи системы входит нахождение соответствия каждому агенту из этих групп: каждому пациенту необходимо оказать медицинскую помощь, основываясь на приоритетности и доступности медицинских услуг, оборудования медицинского учреждения [2]. Агенты взаимодействуют друг с другом и с окружающей средой, образуя систему. При этом окружающая среда оказывает влияние на поведение агентов.

Взаимодействие агентов осуществляется на основании установленных правил и исходных данных [1]. В качестве исходных данных задаются сведения о пациентах и необходимых услугах. Таким образом, на вход системы моделирования взаимодействия пациентов и услуг подаются уже сформированные зависимости, определяющие услуги, необходимые конкретному пациенту (рисунок 2).

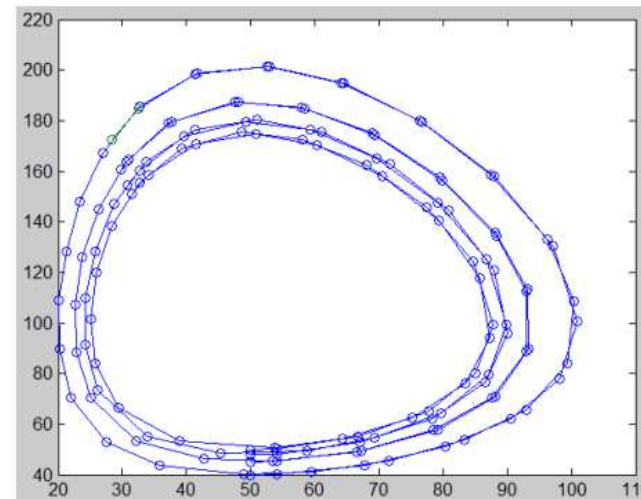


Рисунок 1 – Зависимость числа хищников от числа жертв при различных начальных условиях

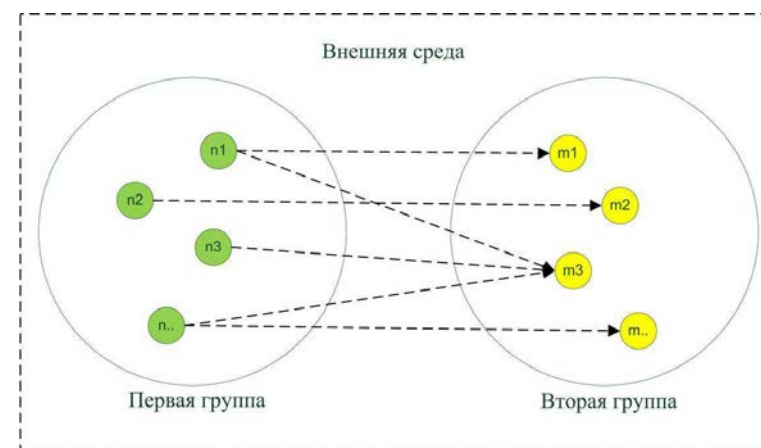


Рисунок 2 – Представление взаимодействия агентов в подсистеме мониторинга

На рисунке 2 к первой группе относятся пациенты медицинского учреждения (зеленый цвет), ко второй группе относятся услуги и оборудования медицинского учреждения (желтый цвет). На рисунке 2 видно, что при большом потоке пациентов и необходимости оказания нескольких услуг одному пациенту, происходит нехватка ресурсов медицинского учреждения.



Задача многоагентной системы заключается в нахождении соответствия и взаимодействия между группами агентов, при этом, важнейшим принципом является приоритет очередности оказания медицинской помощи конкретному пациенту. Это является актуальной задачей в силу ограниченности ресурсов медицинского учреждения и возможного неограниченного потока пациентов.

Предлагаемая подсистема позволяет эффективно распределять ресурсы медицинского учреждения между пациентами, проходящими процедуру мониторинга.

В результате применения многоагентных технологий для реализации подсистемы мониторинга, повышается качество оказания медицинской помощи за счет эффективного распределения ресурсов медицинского учреждения между пациентами.

### Литература

1. Городецкий В.И. Саморегуляция и многоагентные системы [Текст] / Известия РАН. Теория и системы управления, №2, 2012, с.74-75
2. Баусова З.И., Бодин О.Н., Киперман А.А., Сергеев А.С. Организация информационного обеспечения в компьютерной диагностической системе «Кардиовид» на основе многоагентной технологии [Текст] / Сборник статей XVIII Международной научно-методической конференции, посвященной 200-летию со дня рождения М.Ю. Лермонтова «Университетское образование» (МКУО - 2014) / под ред. А.Д. Гулякова, Р.М. Печерской. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2014. – с.157–159
3. Бодин О.Н., Казаков В.А., Полосин В.Г., Рахматуллин Ф.К., Сергеев А.С. Оптимизация оказания медицинской помощи в условиях чрезвычайной ситуации [Текст] / Вестник Российской военно-медицинской академии. – 2014. – № 2 (46). – с. 202-206

Н.С.Ушакова, Н.Ю.Ильясова

### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЫБОРА ОБЛАСТЕЙ ИНТЕРЕСА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ МИКРОИМПУЛЬСНОЙ ЛАЗЕРНОЙ ТЕРАПИИ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

#### Введение

В настоящее время одной из важнейших задач является создание автоматизированных систем, которые помогут человеку в точных и монотонных операциях в различных областях деятельности, в частности, в медицине. Сейчас уже во многих отраслях медицины существуют автоматизированные системы способные анализировать, хранить информацию и выявлять на ранних стадиях большинство заболеваний. Большой интерес вызывает развитие систем, позволяющих диагностировать глазное дно, так как глаз – орган, получающий боль-



ше всего информации из окружающего мира и связывающий человека и общество. Одно из ведущих мест в лечении многих заболеваний глазного дна занимают современные лазерные технологии, в частности, микроимпульсная лазерная терапия [1,2]. Технология “микроимпульс” позволяет лечить диабетический макулярный отек, пролиферативную диабетическую ретинопатию, центральную серозную хориоретинопатию, отек макулы после окклюзии вен сетчатки и глаукомы. На рисунке 1 представлены примеры изображения глазного дна в норме и патологии (с наличием экссудатов).



Рис.1 – Пример диагностического изображения глазного дна без патологий (слева) и с патологией (справа)

Для определения участков, которые необходимо подвергнуть лазерной терапии, врач вручную выбирает зоны с новообразованиями, поэтому результат зависит от опыта врача. В клинической практике актуальна задача автоматизации процедуры проведения лазерной коагуляции, предусматривающая автоматический выбор зон обработки и зон нежелательного воздействия. На рисунке 2 изображен пример работы лазерной системы PASCAL.

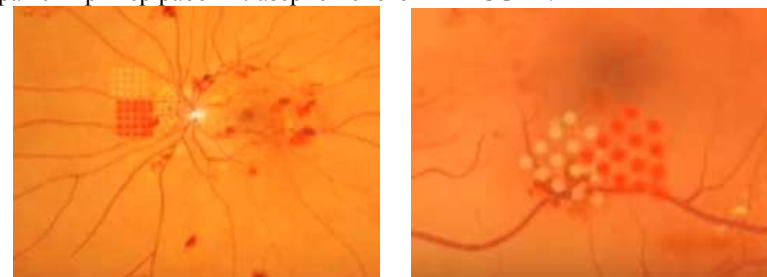


Рис.2 - Примеры паттернов PASCAL

Для того, чтобы лазерная система выбрала нужную зону воздействия, необходимо определить наличие на ней необходимых объектов (экссудатов) и отсутствие объектов, которые не должны попадать под воздействие (здоровые участки, макула, сосуды). Таким образом выделим 4 класса объектов анализа: экссудаты, здоровые участки, сосуды и макула.

#### Технология выделения областей интереса на основе текстурного анализа биомедицинских изображений

Для автоматизации микроимпульсной лазерной терапии необходимо осуществить выбор наиболее информативных признаков, описывающих 4 класса



указанных выше объектов и произвести оценку размера области фрагмента, которая бы минимизировала ошибку распознавания областей интереса.

В качестве признаков распознавания будем использовать текстурные признаки изображения, которые в последнее время являются наиболее часто используемыми при анализе биомедицинских изображений в силу их специфики.

Необходимо определить оптимальный размер маски, с помощью которой система будет обрабатывать изображение и проводить автоматический выбор областей интереса при проведении лазерной коагуляции.

Была предложена технология решения данной задачи (рис.3) с использованием известной библиотеки MaZda, позволяющей рассчитывать до 300 различных текстурных признаков [3]. Процедура распознавания объектов включает в себя два основных этапа преобразования информации: 1) формирование признаков; 2) классификация объектов (экссудаты, здоровые участки, сосуды, макула) [4]. Чтобы сформировать нужное пространство признаков, наиболее информативных для рассматриваемых классов объектов, необходимо выделить области интереса с известной классификацией объектов и обучить систему распознавания на данных фрагментах.

Для получения более достоверных результатов диагностики необходимо проводить исследования на большом объеме выборки. Для этого был разработан алгоритм автоматизации нарезки фрагментов изображений различного размера, соответствующих 4 классам объектов, предусматривающий интерактивное участие эксперта и автоматическое формирование директории, содержащие различные области интереса.

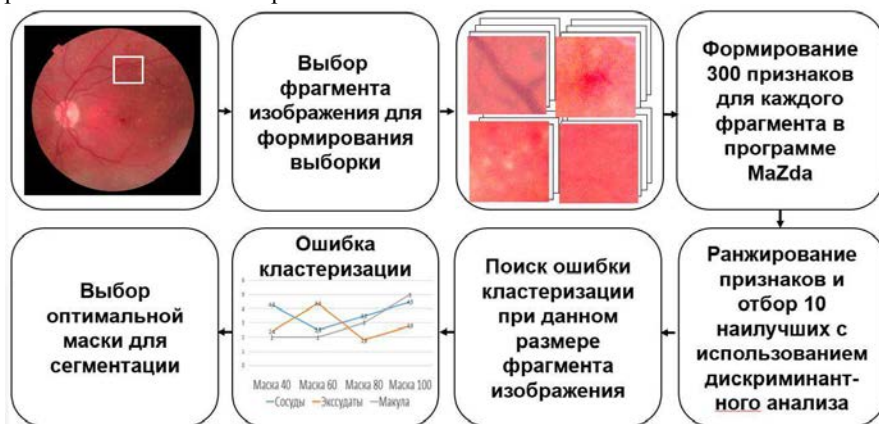


Рис.3 – Технология нахождения оптимальной маски сегментирования

Были проведены исследования зависимости ошибки кластеризации анализируемых классов объектов от указанных размеров областей. Разработанная технология предусматривает генерацию для множества областей определенного размера класса объектов и определенного размера фрагментов скрипта для дальнейшей загрузки данных в программу MaZda, формирующей отчет в виде excel-



файла, содержащий 300 различных текстурных признаков для фрагментов данного размера.

Для отбора десяти наиболее информативных признаков распознавания объектов применяем дискриминантный анализ к полученному пространству признаков, рассчитанных в MaZda. Дискриминантный анализ является разделом многомерного статистического анализа, позволяющим изучать различия между двумя и более группами объектов по нескольким переменным одновременно. Основной целью дискриминантного анализа является нахождение такой линейной комбинации признаков, которая бы оптимально разделила рассматриваемые классы. При наличии двух или более классов (в нашем случае – 4 класса: сосуды, экссудаты, макула, здоровые участки) задача выбора признаков состоит в отборе таких, которые являются наиболее эффективными с точки зрения разделимости классов. В дискриминантном анализе критерии разделимости классов формируются с использованием матриц рассеяния внутри классов и матриц рассеяния между классами [5].

Матрица рассеяния внутри классов показывает разброс объектов относительно векторов математических ожиданий классов:  $\mathbf{W} = \sum_{k=1}^g (\mathbf{X}_k - \bar{\mathbf{x}}_k)(\mathbf{X}_k - \bar{\mathbf{x}}_k)'$ , где данным  $k$  – класса будут соответствовать вектора средних  $\bar{\mathbf{x}}_k = [\bar{x}_{1k}, \bar{x}_{21k}, \dots, \bar{x}_{pk}]$ ,  $g$  – общее количество классов. Элементы матрицы рассеяния между классами  $\mathbf{B}$  рассчитывается по формуле:  $b_{ij} = \sum_{k=1}^g n_k (\bar{x}_{ik} - \bar{x}_i)(\bar{x}_{jk} - \bar{x}_j)$ ,  $i, j = \overline{1, p}$ ,  $\bar{x}_i = (1/n) \sum_{k=1}^g n_k \bar{x}_{ik}$  – среднее значение признака  $i$  по всем классам,  $n_k$  – число объектов в  $k$ -м классе,  $\bar{x}_{ik} = 1/n_k \sum_{m=1}^{n_k} x_{ikm}$  – среднее значение признака в классе  $k$ ,  $x_{ikm}$  – значение  $i$ -го признака для  $m$ -го объекта в  $k$ -м классе. Матрицы  $\mathbf{W}$  и  $\mathbf{B}$  содержат всю основную информацию о зависимости внутри классов и между классами. Для того чтобы получить критерий разделимости классов, нужно связать с этими матрицами некоторое число. Такие числа называют критериями разделимости.

Применяя дискриминантный анализ к рассчитанным 300 признакам, выделяем 10 признаков, обладающих наибольшим критерием разделимости. Для оценки качества полученных признаков применяем процедуру кластеризации.

Анализ кластеризации заключается в оценке качества разделения объектов на классы, мерой которого является ошибка кластеризации – вероятности отнесения объекта не к своему классу. В рамках дискриминантного анализа применялась кластеризация с использованием метода опорных векторов [6]. В качестве меры сходства использовалось расстояние Махаланобиса:

$D^2(\mathbf{x}_1, \mathbf{x}_2) = (n - g)(\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2)^T \mathbf{W}^{-1}(\mathbf{x}_1 - \mathbf{x}_2)$ , где  $\mathbf{x}_i$  –  $p$ -мерный вектор, представляющий значения признаков для  $i$ -го объекта.

Разработанная технология предусматривает расчёт ошибки кластеризации для каждого размера маски с целью выбора оптимального значения. В ходе экспериментального исследования было выявлено, что для окна с диаметром 90 пикселей ошибка кластеризации на выбранных 10 признаках с максимальным





критерием разделимости составила 13%, для диаметра 127 пикселей – 10%. Экспериментальные исследования показали, что на качество кластеризации влияет процедура предварительной обработки изображения, позволяющая подчёркивать необходимые для анализа элементы изображения глазного дна и значительно уменьшить ошибку кластеризации. Целью дальнейших исследований является определение вида предварительной обработки изображения наиболее эффективной для решения поставленной задачи.

#### Литература

1. Navilas Navigated Laser // YouTube. 8 февраля 2012 г. (<https://www.youtube.com/watch?v=QZLfFwe7w1A>)
2. PASCAL - Pattern Scanning Laser introduction // YouTube. 13 июля 2012 г. (<https://www.youtube.com/watch?v=vw4uZCn1LV4>)
3. [M. Strzelecki, P. Szczypinski, A. Materka, A. Klepaczko, A software tool for automatic classification and segmentation of 2D/3D medical images, Nuclear Instruments & Methods In Physics Research A, 702, 2013, pp. 137-140](#)
4. Ильясова Н.Ю., Куприянов А.В., Храмов А.Г. Информационные технологии анализа изображений в задачах медицинской диагностики. – М.: Радио и связь, 2012. – 424 с
5. Фукунага, К. Введение в статистическую теорию распознавания образов / К. Фукунага. – М.: Наука, 1979. – 270 с.
6. Vapnik, V.N. The Nature of Statistical Learning Theory / V.N. Vapnik. – 2nd ed. – Springer, 2000. – 314 p.



## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

Д.Н. Авдеюк, К.В. Приходьков

### АЛГОРИТМ РАБОТЫ ПРОГРАММЫ ДЛЯ РЕГИСТРАЦИИ МАКСИМАЛЬНЫХ ДАВЛЕНИЙ В ЦИЛИНДРЕ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ С ИСКРОВОМ ЗАЖИГАНИЕМ

(Волгоградский государственный технический университет)

Двигатель внутреннего сгорания (ДВС) – это сложное и комплексное устройство, эргономично функционирующее совместно с прочими системами автомобиля. Но для обеспечения его наиболее продуктивной и долговечной работы необходимы не только надлежащие условия эксплуатации, ни и периодические проверки его состояния. Поэтому диагностирование двигателей занимает одно из основных мероприятий в проверке состояния машин и их элементов и в устранении возможных в двигателях неисправностей, продлевая тем самым срок безотказной работы машин. Диагностика ДВС может как на основе субъективных методов, связанных с анализом каких либо внешних параметров работы двигателя, так и с помощью специализированного диагностического оборудования. Однако, бортовые средства диагностики не позволяют оценить протекание внутрицилиндровых процессов. Как правило, специалист диагност при оценке рабочего процесса в ДВС ограничивается определением давления сжатия в цилиндре с помощью компрессометра [1].

Для оценки качества процесса сгорания топливовоздушной смеси в цилиндре необходимо иметь данные о внутрицилиндровом давлении на протяжении, как всего цикла, так и временные серии диаграмм давления в последовательных циклах. Актуальность для диагностики представляют, в частности, пиковые значения давления и его статистические характеристики на различных режимах работы двигателя. Ручная обработка серии последовательных индикаторных диаграмм по всем цилиндрам двигателя достаточно трудоемкая задача в связи с чем была поставлена актуальная задача разработать аппаратно-программный комплекс для регистрации максимальных давлений в цилиндре двигателя внутреннего сгорания с искровым зажиганием.

В рамках программы стратегического развития ВолгГТУ, на кафедре «Теплотехники и гидравлики» было приобретено и установлено уникальное оборудование фирмы Kistler, включая 4 пьезоэлектрических датчика Туре 6115В, интегрированных в свечи зажигания, датчик определения угла поворота коленчатого вала и блоки усиления и преобразования сигнала с датчиков. Датчики Туре 6115В позволяют измерять давление в цилиндре во время штатной работы двигателя [3, 4].



Для определения статистических характеристик максимальных значений давления на наш взгляд целесообразно применить микроконтроллер, который сможет обработать поступающие на его входы значения с датчика.

В качестве микроконтроллера было решено взять аппаратную платформу Arduino Uno. Эта платформа удобна тем, что на одной плате расположен, как сам микроконтроллер, так и программатор [2]. Для вывода информации используется LCD дисплей 1602A.

Алгоритм работы программы для регистрации максимальных давлений в цилиндре двигателя выглядит следующим способом:

- 1) На аналоговый вход микроконтроллера подается сигнал с датчика температуры
- 2) Записываются 10 значений аналогового сигнала в массив
- 3) После заполнения первого массива, записываются следующие 10 значений аналогового сигнала во второй массив (Рисунок 3).
- 4) Вычисляются средние значения в каждом из массивов
- 5) Сравниваются полученные два значения
- 6) Если значение второго среднего больше, чем значение первого среднего, то программа возвращается ко 2 пункту, это означает, что значение еще растет, и оно не достигло пикового значения
- 7) Если значение второго среднего меньше первого, то это означает, что значение сигнала начало убывать, и было достигнуто пиковое значение
- 8) Далее выполняется условие, где сопоставляется полученное значение с аналогового входа микроконтроллера с напряжением на выходе датчика ( $0 - 5$  вольт =  $0 - 1023$ ), где, например,  $0.125$  В соответствует значению  $0 - 256$ , полученный с входа МК
- 9) Число пиковых значений записывается в соответствующий счетчик.

Таким образом, разрабатываемый программно-аппаратный комплекс позволит построить закон распределения давления в цилиндре, что дает возможность в штатном режиме работы двигателя диагностировать первые признаки неисправной его работы.

#### Литература

1. Проверка компрессии (давления) в цилиндрах двигателя автомобиля. Электронный ресурс: <http://cartore.ru/77-proverka-kompressii-v-cilindrah-dvigatelya.html>. Дата обращения: 15.03.2016.
2. Arduino Uno | Аппаратная платформа Arduino. Электронный ресурс: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardUno>. Дата обращения: 15.03.2016.
3. Исследование неидентичности рабочего процесса двигателя ВАЗ-11194 с помощью индизирования / К.В. Приходьков, К.И. Лютин, В.В. Осин, Д.Н. Авдеюк // Известия ВолгГТУ. Сер. Наземные транспортные системы. Вып. 11. - Волгоград, 2015. - № 5 (165). - С. 51-55.
4. Авдеюк, Д.Н. Исследование межцикловой неидентичности процесса сгорания в двигателе с искровым зажиганием / Д.Н. Авдеюк, В.В. Осин, К.В. Приходьков // Сборник тезисов докладов по внутривузовскому смотру-



конкурсу научных конструкторских и технологических работ студентов (г. Волгоград, 12-15 мая 2015 г.) / ВолгГТУ, Совет СНТО. - Волгоград, 2015. - С. 153-154.

Е.О. Васюкова, М.А. Пеливан, А.В. Яковлев

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ RFID-КАРТ КАК АУТЕНТИФИКАТОРА В ПРОГРАММНО-АППАРАТНОМ КОМПЛЕКСЕ ПО ПРЕДУПРЕЖДЕНИЮ КРАЖ ВЕЛОСИПЕДОВ

(Тамбовский государственный технический университет)

В наше время кражи велосипедов очень часто встречающееся явление. Это одно из самых распространенных преступлений не только в России, но и в Европейских странах со спокойной криминогенной обстановкой. По статистике очень мало велосипедов возвращаются к своим владельцам. В основном велосипеды крадут с велостоянок в общественных местах либо пристегнутого замком, либо оставленного на время без средств защиты. Современные противогоночные устройства для велосипеда только частично помогают бороться с воровством.

Условия содержания «железного коня» в безопасности от краж ничтожна, а именно этому способствуют плохо оборудованные и небезопасные места парковки.

Программно-аппаратный комплекс по предупреждению краж велосипедов предназначен для снижения количества краж велосипедов, а также обеспечения возможности поиска украденных велосипедов по БД на основе применения RFID-меток.

На сегодняшний день известно большое количество средств идентификации и аутентификации, но не все они одинаково пригодны для реализации проекта. RFID-метки обладают следующими преимуществами, которые важны для реализации программно-аппаратного комплекса [1]:

- запись большого объема информации на метку;
- шифрование и защита данных: возможна установка пароля на операции чтения и записи, вследствие чего защита от краж и подделок;
- защита меток от вредных факторов и более долгий срок службы (RFID-метка может быть использована до 100000 раз);
- распознавание движущихся объектов.

Принцип функционирования RFID-меток основан на использовании электромагнитной индукции, наводимой в антенне RFID-метки, в качестве источника питания, внедренной в нее микросхемы [1,2].

Рассмотрим применение RFID-метки на примере оборудования велопаркомата. Владелец велосипеда обладает RFID-картой, подтверждающей его право собственности. Для осуществления парковки владелец устанавливает свой велосипед в блокирующее устройство и осуществляет его фиксацию. Для раз-





блокировки велосипеда владельцу необходимо приложить RFID-карту к считывателю паркомата, при этом будет вычислена хэш-функция карты, значение которой будет сравнено со значением хэш-функции, полученной от RFID-метки, внедренной в велосипед (рис. 1).

Протокол обмена между считывателем RFID-карты программно-аппаратным комплексом и считывателем RFID-метки велосипеда при операции аутентификации формально может быть представлен следующим образом:

- 1)  $T \rightarrow R_r: XYZ | H_r(XYZ + SALT);$
- 2)  $T \rightarrow R_i: XYZ | H_i(XYZ + SALT);$
- 3) если  $H_r(XYZ + SALT) = H_i(XYZ + SALT)$ , то разблокировка.

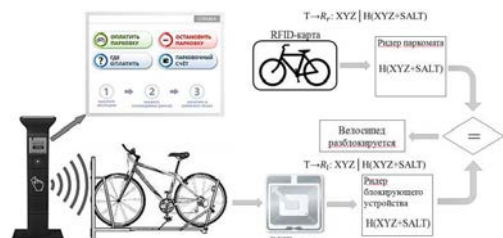


Рисунок 1 – Формализованный протокол оборудования велопаркомата

Так как у велосипеда есть уникальный номер – номер рамы, его и будем использовать в качестве идентификатора (на рис. 1 XYZ). Сейчас на рынке представлено большое количество велосипедных марок, например: «Merida», «Stels», «GT» и другие. Количество символов в номере рамы, соответственно, у каждой марки разное. Допустим, максимальное количество, используемое в номере – 11 символов, но для большей универсальности зарезервируем 15 символов под идентификатор. Исходя из существующего стандарта KOI-8(ASCII), в котором на 1 символ приходится 8 бит, получаем, что для хранения идентификатора потребуется 110 битов. Исходя из анализа литературы [2-4] была выбрана хеш-функция SHA-2, с длиной дайджеста – 224 бита. Соответственно длина соли составит 114 бит, а степень образующего полинома должна быть не меньше 7. Таким образом, подходящей для наших целей полином, имеет вид:  $x^7 + x^3 + x^2 + x + 1$  [5]. А длина всей последовательности, из которой будет выбрана соль, равна 128 бит.

Рассмотрим пример формирования данных, которые будут содержаться на RFID-карте и RFID-метке. На рисунке 2 представлено соответствие различных символов их десятичному эквиваленту по стандарту KOI-8.



|       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 48 0  | 49 1  | 50 2  | 51 3  | 52 4  | 53 5  | 54 6  | 55 7  |
| 56 8  | 57 9  | 58 :  | 59 ;  | 60 <  | 61 =  | 62 >  | 63 ?  |
| 64 @  | 65 A  | 66 B  | 67 C  | 68 D  | 69 E  | 70 F  | 71 G  |
| 72 H  | 73 I  | 74 J  | 75 K  | 76 L  | 77 M  | 78 N  | 79 O  |
| 80 P  | 81 Q  | 82 R  | 83 S  | 84 T  | 85 U  | 86 V  | 87 W  |
| 88 X  | 89 Y  | 90 Z  | 91 [  | 92 \  | 93 ]  | 94 ^  | 95 _  |
| 96 "  | 97 a  | 98 b  | 99 c  | 100 d | 101 e | 102 f | 103 g |
| 104 h | 105 i | 106 j | 107 k | 108 l | 109 m | 110 n | 111 o |
| 112 p | 113 q | 114 r | 115 s | 116 t | 117 u | 118 v | 119 w |
| 120 x | 121 y | 122 z | 123 { | 124   | 125 } | 126 ~ | 127   |

Рисунок 2 – Таблица ASCII

Имеется номер рамы велосипеда *T2098R0137*, его же принимаем за идентификатор. Десятичное представление идентификатора имеет вид *84504857568248495155*. Также, для удобства, приведем двоичное и шестнадцатичное представления: *0101010000110010001100000011100100111000010100100011000000110001001100110111* и *54323039385230313337 h*. Выбираем начальное заполнение для генератора псевдослучайных чисел (рис. 3), например *00011001* (19 h). Получается следующая последовательность, из которой будет формироваться с определенным символом криптографическая соль: *100110000001000111110100110100010111011011111110000101011001001111001010010101010101000001100100001110101110011100011011* (рис. 4) (*9811F4D17B77F0AC4F292D50643AE71B h*). Символ, с которого будем считываться соль, случайно генерируется программой, написанной на языке C++. Допустим, криптографическая соль будет формироваться с 24 символа, тогда она будет иметь вид: *0111011111100001010110001001111001010010010101010000011001000011101011100111000110000010001111010011* (*1DFC2B13CA4B54190EB9C6E6047D3 h*).

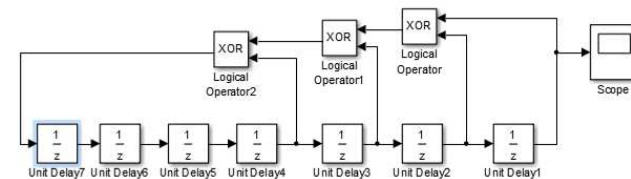


Рисунок 3 – Генератор случайной последовательности

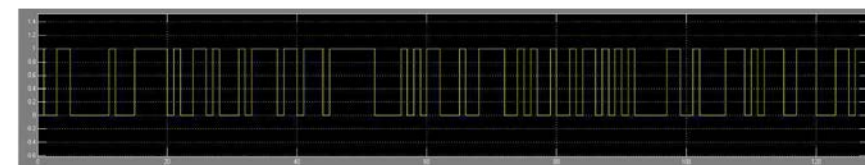


Рисунок 4 – Представление случайной последовательности

Таким образом на RFID-карте будут храниться три атрибута, а именно: идентификатор, длина последовательности и смещение относительно начального значения ПСЧ (для формирования соли) (рис. 5).



Кроме того, на карте возможно будет храниться, реализация ПСЧ. Поэтому при взаимодействии со считывателем, на выходе с устройства получим идентификатор и соль.

Используя ту же схему взаимодействия карты, но только с мобильным считывателем, возможно следующее применение – поиск угнанных велосипедов. Владелец украденного велосипеда предоставляет в органы полиции RFID-карту, подтверждающую право собственности и заявление о краже. Полученная информация заносится в БД угнанных велосипедов.

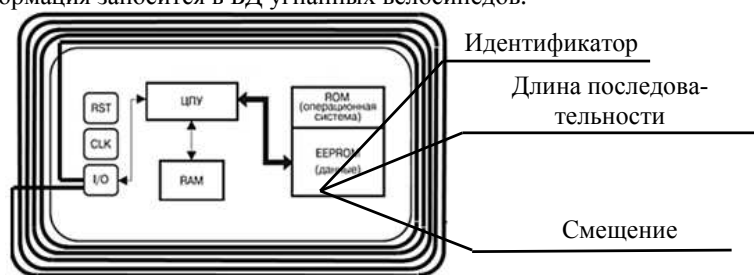


Рисунок 5 – Атрибуты, хранящиеся на карте

Полицейский с портативным считывателем осуществляет бесконтактную проверку велосипедов и в автоматическом режиме производится анализ, находится ли в розыске данный велосипед (рис. 6).

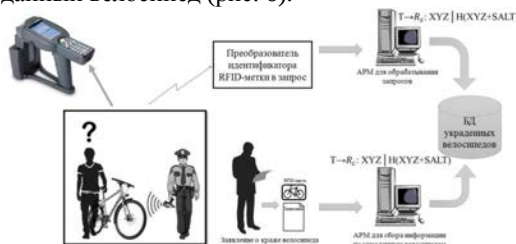


Рисунок 6 – Протокол обработки информации по угнанным велосипедам

Таким образом, данный программно-аппаратный комплекс позволит значительно снизить количество краж велосипедов, а также облегчит работу сотрудников полиции в мониторинге и поиске украденных велосипедов. Он будет полезен для бизнеса – в реализации сервиса проката, для полиции – в поиске украденных велосипедов по БД и для городского коммунального хозяйства – в обеспечение безопасных велопарковок.

### Литература

1. Finkenzeller, K. RFID handbook / K. Finkenzeller. – UK: Wiley, 2010. – 462 с.
2. Фергюсон, Н. Практическая криптография / Н. Фергюсон, Б. Шнайер. – М.: «Диалектика», 2004. – 432 с.



3. SHA-2. FIPS 180-3 NIST, Federal Information Processing Standards Publication 180-3, Secure Hash Standards (SHS), August 2001.

4. Шнайер, Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си / Б. Шнайер. – М.: Триумф, 2002. – 610 с.

5. Кнут, Д. Искусство программирования. Сортировка и поиск / Д. Кнут. – 2-е изд. – М.: Вильямс, 2007. – С. 824.

О.К. Головин, Е.О. Кондратьева

### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ГИС ITSGIS В УПРАВЛЕНИИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ Г. САРАНСКА

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

В крупных городах конфигурация улично-дорожной сети (УДС) сложна, на нее накладываются сети различных видов общественного транспорта. Поэтому для управления такой системой и для решения серьезных транспортных задач в крупных городах используются транспортные модели [1]. Под транспортной моделью будем понимать представление УДС с ее характеристиками, такими как скоростной режим, фазы светофоров, знаки регулирования и количество полос, информацию о маршрутах движения общественного транспорта, размещении остановок, расположении зданий и растительности. Наличие транспортной модели позволяет планировать транспортную систему урбанизированной территории, в которой изменения в одной из частей ведут к изменению в других частях. С помощью такой модели можно оценить будущую загрузку проектируемого участка УДС, результаты изменения маршрутов общественного транспорта [3].

Создание транспортной модели г. Саранска выполняется в интеллектуальной геоинформационной системе ITSGIS [2]. Сбор данных осуществляется панорамной геоинформационной лабораторией, которая осуществляет геопривязанную видеозапись определенного участка (рис. 1) УДС. Далее в системе обработки данных полевых обследований WayMark оператор производит обработку полученных материалов: определяет типа и вычисляет точное место дислокации геообъекта транспортной модели.

При построении транспортной модели на электронную карту г. Саранска дислоцируются технические средства организации дорожного движения, такие как: дорожные знаки, остановки общественного транспорта, дорожные и пешеходные ограждения, светофоры, световые опоры со светильниками, линии дорожной разметки (рис. 2).

При нанесении конкретного геообъекта заносится сопутствующая ему информация. Так при установке ограждения указываются класс ограждения, назначение, материал, геометрические характеристики, а также дата установки



и последнего осмотра. Данная информация позволяет своевременно производить ремонт и продлевать срок эксплуатации.

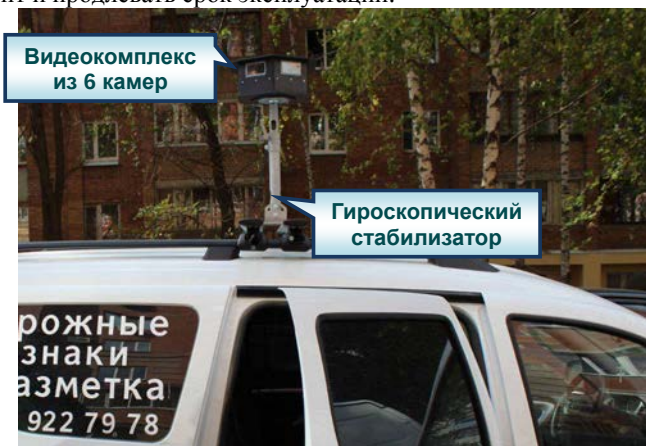


Рис. 1. Панорамная видеолaborатория

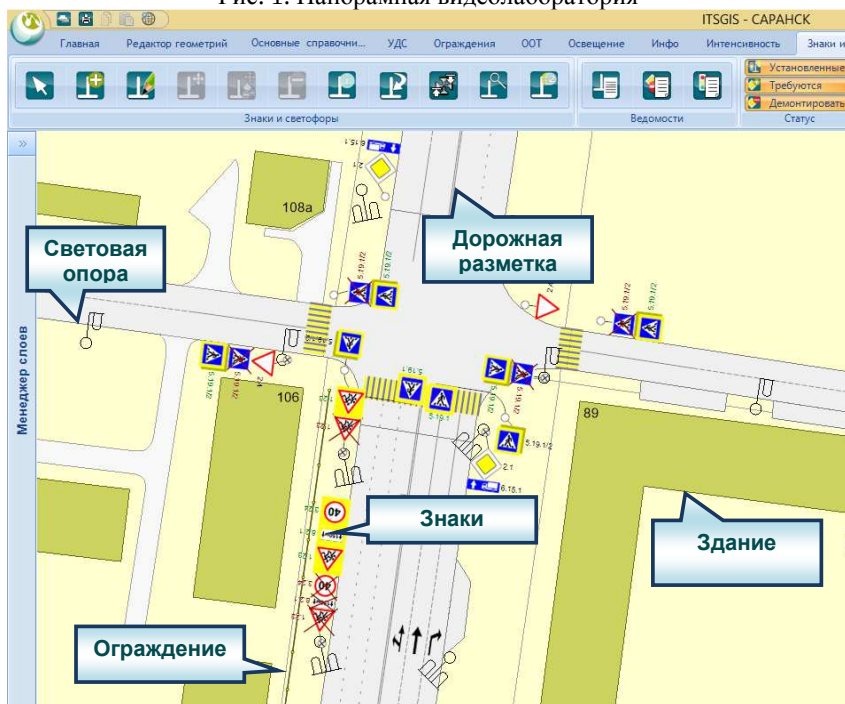


Рис.2. Элементы транспортной модели на пересечении ул. Ботевградская и ул. Терешковой



Дорожная разметка выступает средством визуального ориентирования водителей транспортных средств, устанавливает режимы и порядок движения. В создаваемой транспортной модели используются как горизонтальная, так и вертикальная разметка, учитывается применяемый материал (краска, холодный или горячий пластик) и геометрические особенности, контролируются коэффициенты световозвращения.

Плагин ITSGIS «Искусственное освещение» позволяет установить все действующие фонарные столбы и провести анализ освещенности. Так администрация города предполагала о достаточном количестве световых опор для обеспечения безопасности дорожного движения, однако после дислокации их на электронной карте и моделировании «ночного» режима, сделан вывод о необходимости установки дополнительных опор освещения (рис. 3).

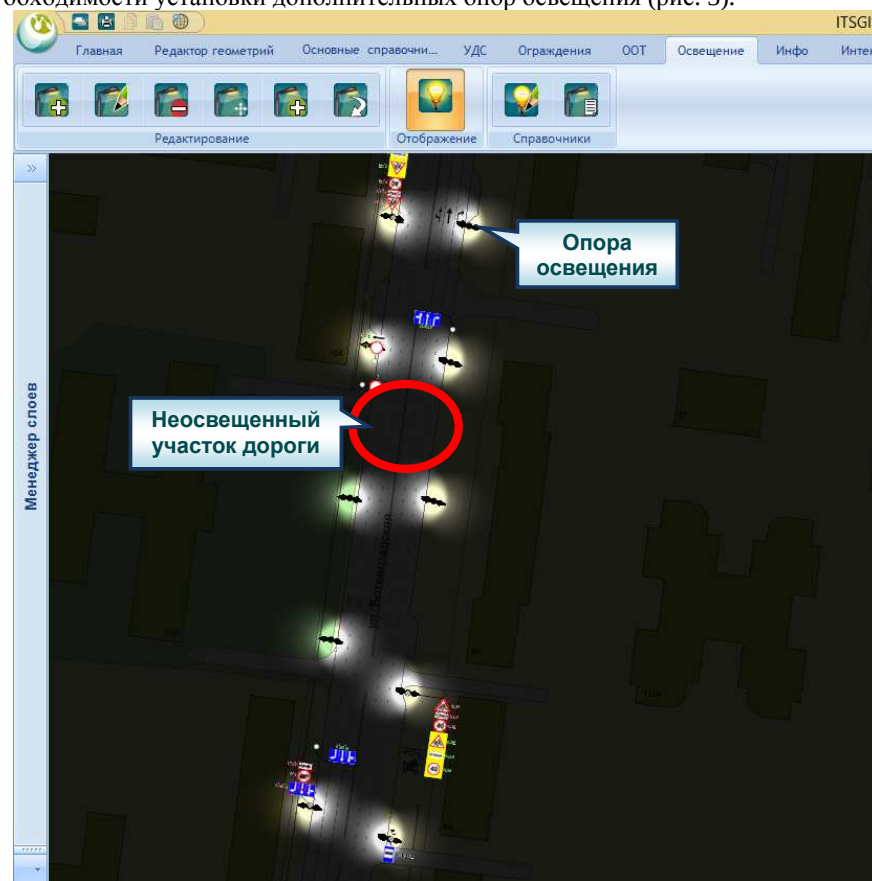


Рис. 3. Отображение «ночного» режима



С помощью плагина «Остановки общественного транспорта» дислоцируются остановки и реализуется метод, основанный на проектировании радиусов пешеходной доступности по нормам градостроительного проектирования [4]. Результаты моделирования показали, что при радиусе в 500 м пешеходная доступность соблюдена не полностью. При увеличении радиуса до 600 м, что согласно СНиП 2.07.01-89 является допустимым, показатель пришел в норму.

При воспроизведении на электронной карте схемы дислокации дорожных знаков также вносятся сведения о материале, размере, статусе и качестве знака. Сначала устанавливаются действующие знаки, затем предлагаются варианты по улучшению организации дорожного движения.

В предложенной схеме, все знаки 1.23 «Дети» и 5.19.1/2 «Пешеходный переход» следует демонтировать и установить аналогичные знаки на желтой полосе, т.к. с 28 февраля 2014 года действуют новые стандарты, которые касаются пешеходных переходов – согласно пункту 5.1.17 ГОСТ Р 52289-2004 на щитах со световозвращающей флуоресцентной пленкой желто-зеленого цвета применяют знаки 1.22, 1.23, 5.19.1/2. Также следует заменить знаки 3.24 «Ограничение максимальной скорости» и 8.2.1 «Зона действия», так как согласно ГОСТ Р 52289-2004 допускается применять знаки на таких щитах в местах концентрации ДТП и для профилактики их возникновения на опасных участках.

Созданная модель может использоваться не только для управления транспортной инфраструктурой, но и для проведения экспериментов по планированию тех или иных изменений в организации движения, световых циклах, позволит принять решения о необходимости изменений в существующей транспортной сети при строительстве торгово-развлекательных центров, новых микрорайонов, выявит необходимость в расширении участка УДС, запрете или разрешении поворота, организации одностороннего движения, позволит разработать временные схемы организации дорожного движения на период проведения строительных работ, культурно-массовых мероприятий.

Для успешного функционирования и развития созданной модели необходимо наличие специалистов, имеющих навыки работы с транспортной моделью [5]. Для актуализации модели, повышения ее адекватности необходимо на регулярной основе проводить мониторинг инфраструктурной составляющей УДС. Для этих задач требуется сформировать управляющую организационную структуру внутри города, в задачи которой будет входить создание системы для сбора данных и постоянного мониторинга, ведение аналитической работы и подготовка предложений по развитию транспортной системы.

#### Литература

1. Intelligent Transport Systems: Methods, Algorithms, Realization / T.I. Mikheeva, I.G. Bogdanova, O.K. Golovnin [et al]. – Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 164 p.
2. Сковцов А.В., Поспелов П.И., Котов А.А. Геоинформатика в дорожной отрасли. – М.: МАДИ (ГТУ), 2005. – 250 с.



3. Якимов М.Р., Попов Ю.А. Транспортное планирование: практические рекомендации по созданию транспортных моделей городов в программном комплексе PTV Vision VISIM. – М.: Логос, 2014. – 200 с.

4. Михеев С.В., Кондратьева Е.О., Головнин О.К. Моделирование пешеходной доступности общественного транспорта // ИТ & Транспорт: сб. науч. статей. – Самара: Интелтранс, 2015. – Т. 4. – С. 29–34.

5. Поздняков М.Н., Мирончук А.А. Основы транспортного планирования в городах. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2015. – 371 с.

О.К. Головнин, А.В. Сидоров, А.В. Хворов

#### СИСТЕМА МИКРОМОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ НА ОДНОУРОВНЕВЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЯХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

В последние десятилетия во многих крупных городах особую важность приобретает оптимальное планирование развития транспортных сетей, улучшение организации движения и системы маршрутов общественного транспорта [1]. Для решения таких задач применяются транспортные модели. Их главная задача – определение и прогноз параметров функционирования транспортной сети: интенсивности транспортных потоков, объемов перевозок в сети общественного транспорта, скоростей движения, транспортных задержек [2]. Достижения в управлении транспортной инфраструктурой и потоками, непрерывное улучшение аппаратного и программного обеспечения, развитие информационной инфраструктуры и способов информационного обмена позволили развивать транспортные модели и строить системы моделирования на качественно новом уровне [3].

Поставлена задача разработки системы моделирования транспортных потоков, проходящих через транспортные узлы (перекрестки, кольца), на которых могут присутствовать такие объекты транспортной инфраструктуры, как: регулируемые и нерегулируемые пешеходные переходы, светофоры, дорожные знаки [4]. Для разработки системы выбраны следующие средства: MS Visual Studio 2013, система управления базами данных SQLite, средство объектно-реляционного отображения NHibernate и система контроля версий исходного кода Subversion.

Разработана диаграмма вариантов использования (рис. 1). В зависимости от прав доступа пользователя системы («Гость», «Пользователь», «Администратор») будет изменяться доступный функционал. «Гость» может ознакомиться с уже готовой транспортной моделью, «Пользователь» имеет возможность создавать и редактировать различные модели, «Администратор», помимо вышеупомянутого функционала, обладает правами на управление учетными записями других пользователей.





Разработана логическая модель данных (рис. 2), необходимая для хранения готовых транспортных моделей различных узлов. Логическая модель отражает основные понятия предметной области: количество полос на транспортном узле, расположенные на нем дорожные знаки, находящиеся рядом пешеходные переходы, виды и параметры распределения, согласно которому формируется транспортный поток, данные зарегистрированных пользователей и т.д.

При моделировании движения автотранспорта рассматривается в качестве события появление случайного автомобиля на участке дороги. Для отображения поведения системы в произвольные моменты времени используется поток случайных событий. Применяется метод нелинейного преобразования – теоретически строгий метод моделирования случайных последовательностей. Он позволяет получать случайные числа даже в тех случаях, когда величина определена на бесконечных интервалах числовой оси (как для экспоненциальной случайной величины, когда  $\xi \in (0, \infty)$ ). В системе реализованы следующие законы распределения: экспоненциальный, нормальный, равномерный и Пуассона.

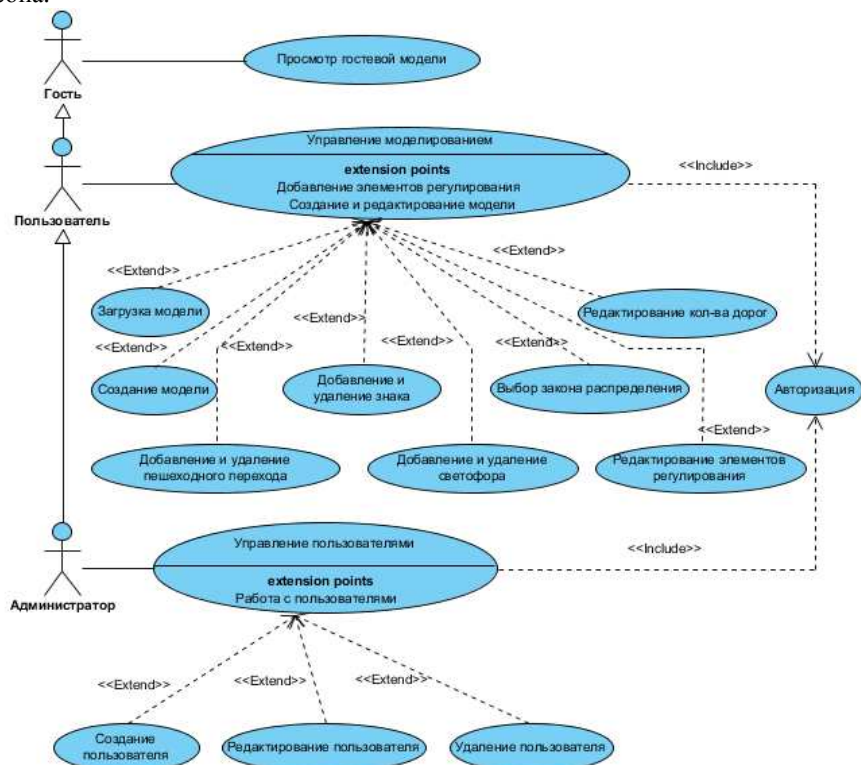


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования системы



В системе используется мультиагентное моделирование, представляющее изучаемую систему в виде множества агентов, проявляющих независимое индивидуальное поведение. Динамика всей моделируемой системы является результатом совокупного поведения агентов в ней. В системе реализована модель Трейбера «разумного водителя», которая объединяет в себя модели оптимальной скорости и следования за лидером [5]. Для реализации обгона была выбрана модель Трейбера «минимизации торможения, вызванного сменой полосы», формализующая критерий необходимости и безопасности перестроения на многополосных дорогах (рис. 3).

Во процессе моделирования доступны статистические данные о модели в виде графиков (рис. 4): количество транспортных средств в модели в текущий момент времени, средняя скорость, интенсивность и плотность транспортного потока.

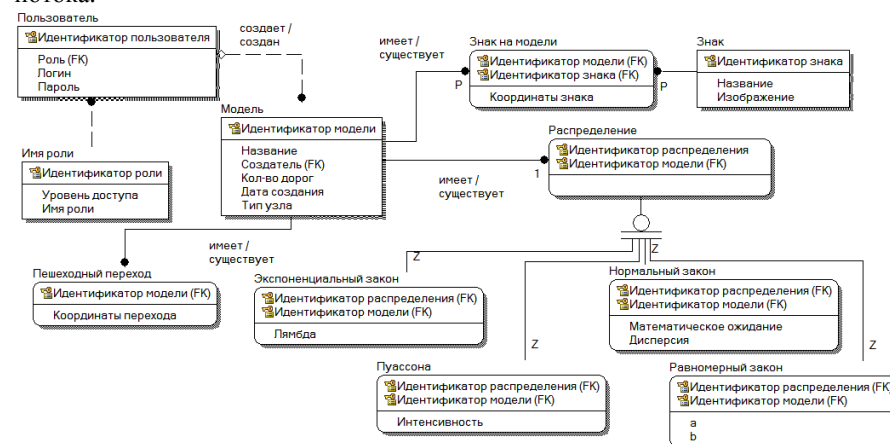


Рис. 2. Логическая модель данных

Поведение агентов в системе зависит от текущей ситуации. Для агентов-водителей существуют следующие события, характеризующие ситуацию:

- впереди транспортное средство;
- опасность столкновения;
- опасность выезда за пределы трассы;
- впереди транспортный узел;
- впереди светофор;
- впереди дорожный знак;
- впереди заторовая ситуация;
- разветвление траектории движения;
- слияние траектории движения.

Благодаря мультиагентной реализации системы, можно изменять её элементы «на ходу» без отрицательных эффектов – в любой момент можно остановить моделирование, а затем возобновить. Агенты моментально отреагируют на любой новый объект в системе или удаление существующего.

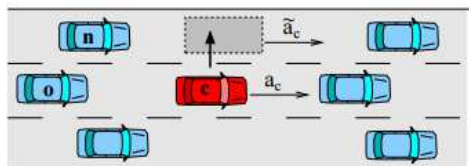


Рис.3. Модель смены полосы движения

Интерфейс пользователя включает в себя панель инструментов для быстрого доступа функционалу программы (например, установка дорожного знака на УДС). Получение информации об объектах в системе реализовано в интерактивном режиме: необходимо левой клавишей мыши выбрать объект, после чего на экране появится форма, отображающая состояние объекта с возможностью редактирования некоторых свойств (например, для знака ограничения скорости возможна смена его номинала). Также на панели инструментов доступны клавиши «Старт», «Пауза» и «Стоп», управляющие процессом моделирования.

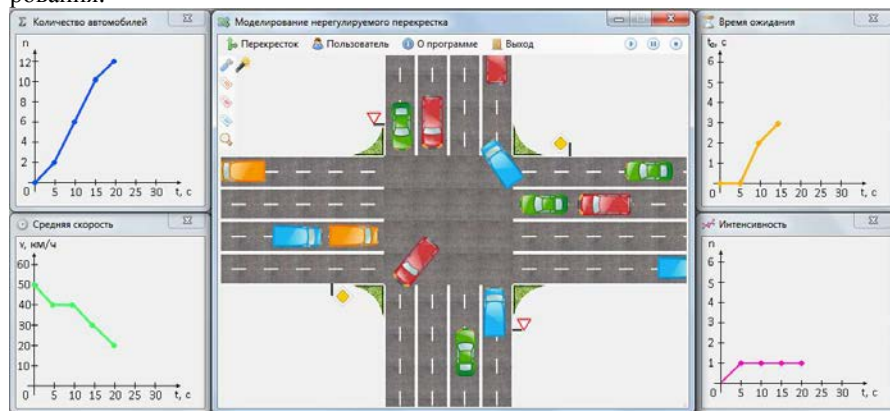


Рис. 4. Разработанная система в режиме моделирования

### Литература

1. Введение в математическое моделирование транспортных потоков / А.В. Гасников, С.Л. Кленов и др. – М.: МЦНМО, 2013. – С. 107-113.
2. Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков // Автоматика и телемеханика. – 2003. – № 11. – С. 1–43.
3. Головин О.К. Анализ транспортных моделей имитационных платформ // ИТ & Транспорт : сб. науч. статей. – Самара: Интелтранс, 2014. – Т. 1. – С. 19–28.
4. Сидоров А.В., Соловьев А.В., Хворов А.В. Моделирование движения транспорта на нерегулируемом перекрестке // Перспективные информационные



технологии: труды конференции. – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2015. – С. 117–119.

5. Martin Treiber. General Lane-Changing Model for Car-Following Models [Электронный ресурс]. – URL: [www.mtreiber.de/publications/MOBIL\\_TRB.pdf](http://www.mtreiber.de/publications/MOBIL_TRB.pdf).

6. Паттерны проектирования сложноорганизованных систем / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головин, О.Н. Сапрыкин – Самара : Интелтранс, 2015. – 216 с.

А.В. Гурьянов

### МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ ИНОСТРАННЫХ МАРШРУТОВ ДЛЯ ВНУТРИРОССИЙСКОГО ТРАФИКА

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Надёжная работа информационных ресурсов, систем управления и связи имеет исключительное значение для безопасности страны. Проведенные в 2014 году Министерством связи и массовых коммуникаций межведомственные тренировки по предотвращению попыток нарушить устойчивую работу российского сегмента интернета выявили, что одной из самых важных задач безопасности является учет и контроль внешних каналов связи. Российские специалисты показали, что большинство из них не учтены и находятся вне контроля [9].

Настоящая работа посвящена исследованию методов мониторинга над иностранным трафиком и внутрироссийским трафиком, который может маршрутизироваться на иностранных роутерах. Для оценки качества соединений разработаны стандарты IETF, объединённые под общим названием IP Performance Metrics [4]. IPPM – это метрики, которые описывают качество, производительность, и надёжность приложений, доставляющих данные через Интернет. Основными метриками являются: односторонняя (OWD) и двусторонняя задержка (RTT), джиттер (вариация задержки), потеря пакетов, доступная полоса [1, 2].

Задержка пакетов является важным параметром производительности и быстродействия компьютерной сети. Исследование задержки пакетов важно для задач математического моделирования передачи трафика по сети, систем реального времени, а также для исследования характеристик производительности сетей. Для наших исследований будет использоваться односторонняя задержка (One-Way Delay). Односторонняя задержка пакетов – это время необходимое для передачи пакета по сети от источника до получателя [3]. На данных о задержке можно сформировать условие для выделения трафика с особенностями маршрутизации. В первую очередь, нас интересует трафик, который маршрутизируется не оптимально географически. Достаточно часто взаимодействие между автономными системами крупных интернет провайдеров про-





исходит на граничных узлах, что делает доступным анализ внутрироссийского трафика.

Для выявления аномальной географической маршрутизации требуются дополнительные исследования. Luca Carbone и Fabrizio Cossetti установили, что качество сетевых соединений имеет связь между расстоянием и задержкой [6]. Ранее в 1999 году Almes, Kalidini и Zekauskas установили, что в современном Интернете, путь от источника к месту назначения может отличаться от пути от места назначения обратно к источнику («асимметричные пути») [3]. В 2014 году в СГАУ создано специальное устройство NetTestBox, которое способно измерять одностороннюю задержку и доступную пропускную способность канала между удаленными точками. Измерительная технология использует синхронизацию времени с помощью ГЛОНАСС/GPS приемников [7].

В компоненте задержки  $D$  можно выделить две основных составляющих, физическую и телекоммуникационную компоненты. Постоянная составляющая дает оценку сверху для физической компоненты задержки  $D_{phys}$  [5].

$$D_{phys} \leq D_{min}$$

Величина  $D_{min}$  показывает минимальную задержку для пакетов заданного размера, с которой тот может быть передан по сети из пункта отправки в пункт назначения.

Физическая компонента – это время передачи электромагнитного импульса по тракту. Телекоммуникационная задержка – это время затраченное на формирование и обработку сигнала телекоммуникационными устройствами [5].

По данным о физической задержке можно судить о телекоммуникационной длине маршрута  $l_{tel} = c_{opt} D_{min}$ . Её можно сравнить с географическим расстоянием между точками.

В работе [8] вводится величина, которая называется коэффициентом эффективности географической маршрутизации. Этот коэффициент равен отношению телекоммуникационной длины  $k$  ее географическому аналогу:

$$k = \frac{l_{tel}}{l_g} = \frac{c_{opt} D_{min}}{l_g},$$

Показано, что чем больше это отношение, тем менее эффективна географическая маршрутизация в данном направлении и для  $k \leq 2,5$ , можно считать географическую маршрутизацию эффективной. Если коэффициент  $k > 6$ , то маршрутизация осуществляется через географически удаленный маршрут.

Используя NetTestBox, были сняты значения задержки пакетов на различных маршрутах в четырех точках: Самара, Тольятти, Ростов-на-Дону и Колумбия. Для расчёта времени физического преодоления между нашими двумя точками составим таблицу 1, в которой будет указано географическое расстояние и минимальное время односторонней задержки.

На основании данных из Таблицы 1 легко рассчитать коэффициенты эффективности географической маршрутизации для всех приведенных направлений. Результаты этих расчетов сведены в Таблицу 2. Так же видно, что на маршруте Самара-Тольятти путь от места назначения обратно к источнику сильно



отличается. Это говорит о том, что происходит перенаправление трафика через Москву.

Таблица 1. Данные о задержки пакетов и расстояние между узлами.

| $D_{min}, \text{мс}$<br>$l_g, \text{км}$ | Самара                                   | Тольятти                                 | Ростов-на-Дону                           | Колумбия                                 |
|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| Самара                                   | $D_{min}, \text{мс}$<br>$l_g, \text{км}$ | 3,1<br>85                                | 17,3<br>996                              | 87,2<br>9176                             |
| Тольятти                                 | 18,6<br>85                               | $D_{min}, \text{мс}$<br>$l_g, \text{км}$ | 15,5<br>981                              | 86,9<br>9121                             |
| Ростов-на-Дону                           | 17,3<br>996                              | 16,6<br>981                              | $D_{min}, \text{мс}$<br>$l_g, \text{км}$ | 85,4<br>9343                             |
| Колумбия                                 | 84,3<br>9176                             | 96,6<br>9121                             | 82,3<br>9343                             | $D_{min}, \text{мс}$<br>$l_g, \text{км}$ |

Таблица 2. Коэффициенты эффективности географической маршрутизации.

| k              | Самара | Тольятти | Ростов-на-Дону | Колумбия |
|----------------|--------|----------|----------------|----------|
| Самара         | k      | 7.35     | 3.47           | 1.89     |
| Тольятти       | 43.76  | k        | 3.16           | 1.91     |
| Ростов-на-Дону | 3.47   | 3.38     | k              | 1.83     |
| Колумбия       | 1.84   | 2.12     | 1.76           | k        |

Из данных в Таблице 2 можно сделать вывод, что в Америке оптимальная межконтинентальная маршрутизация, так как там расположена крупнейшая точка обмена трафиком в Нью-Йорке, поэтому в Колумбии наименьшее значение коэффициента.

Рассчитаем пороговые значения задержки для некоторых маршрутов, которые могут свидетельствовать о том, что внутрироссийский трафик обслуживается на граничных маршрутах. Ближайшие к РФ международные точки обмена трафика это Стокгольм, Амстердам и Франкфурт-на-Майне. Предположим, что трафик между Самарой и Москвой обслуживается на Франкфуртской IX (Internet Exchange Point). В этом случае минимальное время задержки должно превысить 55 мс. На маршруте между Самарой и Ростовом-на-Дону при обслуживании через Амстердам минимальное время задержки составит 70 мс.

Таким образом, для различных направлений внутрироссийского трафика можно установить предельные значения задержки, при превышении которых требуется дополнительное исследование маршрута для того, чтобы обнаружить аномальные пути.

### Литература

1. Stephan E. IP Performance Metrics (IPPM) Metrics Registry. Telecom R&D 2005, France.



2. Paxson V., Almes G., Mahdavi J., Mathis M., Framework for IP Performance Metrics, 1998.
3. Almes G., Kalidindi S., Zekauskas M., A One-way Delay Metric for IPPM, Advanced Network & Services, 1999.
4. De Vito L., Rapuano S., Tomaciello L. One-way delay measurement: State of the art // Instrumentation and Measurement, IEEE Transactions on. – 2008. – T. 57. – №. 12. – С. 2742-2750.
5. Sukhov A.M., Astrakhanseva M.A., Pervitsky A.K., Boldyrev S.S., Bukatov A.A., Generating a Function for Network Delay, Russia.
6. Carbone, L., Coccetti, F., Dini, P., Percacci, R., & Vespignani, A. (2003). The spectrum of internet performance. Passive and Active Measurements (PAM2003).
7. Vinogradov, N. I., Sagatov, E. S., & Sukhov, A. M. (2015, November). Device for measuring one-way network delay with microsecond accuracy. In Telecommunications Forum Telfor (TELFOR), 2015 23rd (pp. 133-136). IEEE.
8. Sukhov, A. M., & Onoprienko, A. V. (2014, November). Evaluating the effectiveness of geographic routing based on RIPE Atlas data. In Telecommunications Forum Telfor (TELFOR), 2014 22nd (pp. 107-110). IEEE.
9. Информационно-аналитический портал об интернет-провайдинге [Электронный ресурс] / Законопроект Минкомсвязи о государственном контроле российского сегмента сети Интернет; 2016 — Режим доступа: <http://nag.ru/go/text/28707/>, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. рус., англ.

А.И. Забирова

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГООБОРУДОВАНИЕМ ТРАНСПОРТА

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Электротранспорт входит в число крупнейших потребителей электроэнергии России, которая занимает обширную территорию с различными природными особенностями. Железнодорожный транспорт, поражающий своей универсальностью, способностью удовлетворять потребности населения в перевозках практически во всех климатических зонах, имеет возможность обслуживать все отрасли экономики, поэтому составляет основу транспортной системы Российской Федерации. На его долю приходится около 8% всей вырабатываемой электроэнергии страны. С этим связано повышенное внимание к работе энергоустановок в последнее время. Актуальными становятся вопросы эффективной работы оборудования, питающего электрическими мощностями железнодорожную сеть.

При анализе существующих информационных средств на энергоснабжающих предприятиях было выявлено, что применяемые системы позволяют получать данные в реальном режиме времени, а также видеть момент отказа



оборудования. Применяемые системы зачастую не обеспечивают необходимые показатели для эффективного управления и энергосбережения при воздействии дестабилизирующих факторов. Поэтому возникает необходимость в разработке систем, способных предотвращать аварийные ситуации и отслеживать момент перегрузки оборудования, что в свою очередь повысит эффективность контроля функционирования систем электроснабжения.

Целью данного проекта является – разработка научных основ, стратегии и принципов для повышения технического совершенства и надежности функционирования систем автоматизированного управления устройствами электроснабжения.

Наиболее эффективным средством повышения надежности работы энергоустановок, осуществляющих обеспечение электрическими мощностями важное технологическое оборудование, является внедрение методов и средств оперативной диагностики.

Замысел проекта состоит в разработке информационной системы управления энергооборудованием транспорта, которая позволит отслеживать режимы работы энергоустановок и на основании полученных показателей, выдавать информацию о «пределном» состоянии оборудования, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна, а это в свою очередь позволит эффективно использовать оборудование и снизить затраты на его содержание.

Преимущество данной системы заключается в возможности получения всей необходимой информации из уже существующих систем на ОАО «РЖД», тем самым сокращаются затраты на внедрение.

Информационная система управления энергооборудованием транспорта позволит повысить эффективность работы силовых установок, тем самым предотвращая возникновение аварийных ситуаций.

Безусловно, широкое внедрение систем автоматизированного управления техническим состоянием энергооборудования, с учетом интенсивности эксплуатации в электросетевых хозяйствах железнодорожного транспорта, обеспечит существенный экономический эффект в масштабах электроэнергетической системы страны.

## Литература

1. Атамалян Э. Г. Приборы и методы измерения электрических величин. М.: Дрофа, 2005. – 415с.
2. Ацюковский В. А. Основы организации системы цифровых связей в сложных информационно-измерительных комплексах. М.: Энергоатомиздат, 2001. – 97с.
3. Бойко, С. В. Оценка надежности АИИС КУЭ. М.: Пенза. 2007. – 78-79с.
4. Железко Ю.С. Расчет технологических потерь электроэнергии в электрических сетях / Ю.С. Железко, А.В. Артемьев, О.В. Савченко // Энергетик. 2003. - №2. - с. 29-33.



5. Калашников В.И. Информационно-измерительная техника и технологии. / В.И. Калашников, С.В. Нефедов, А.Б. Путилин, Г.Г. Раннев, М.Ю. Рачков, В. А. Суроги́на, А. П. Тарасенко. -М.: Высшая школа, 2002. -520 с.

6. Путилин А. В. Вычислительная техника и программирование в измерительных системах. М.: Дрофа, 2006. - 416 с.

7. Суроги́на В.А. Информационно-измерительная техника и электроника. / В.А.Суроги́на, В.И. Калашников, Г.Г. Раннев. -М.: Высшая школа, 2006. -512с.

8. Таланчук П.М. Средства измерения в автоматических информационных системах и системах управления. К.: Радуга, 1994. - 672 с.

9. Франтасов Д. Н. Улучшение метрологических характеристик трансформаторов тока с цифровым блоком коррекции погрешности // А. М. Косолапов, Д. Н. Франтасов // Вестник транспорта Поволжья. – 2010. - №3(23). – 90-93с.

10. Цапенко М.П. Измерительные информационные системы: Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1985. -357 с.

А.В. Игнатенков

## МОДЕЛЬ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ГРАФИКА ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ НА ДВУХПУТНОМ УЧАСТКЕ

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Цель настоящей статьи – развить предложенную в [1] архитектуру искусственной нейронной сети для разработки графика движения поездов в части дополнительных сущностей, возникающих в эксплуатационной работе железных дорог и представить математическую модель её функционирования. Получившуюся нейронную сеть будем именовать в дальнейшем многослойной искусственной нейронной сетью с переменной проводимостью сигнала.

### Ограничения модели

Рассматривается сеть из  $N$  слоёв, имитирующая двухпутный железнодорожный участок с  $N$  станциями. На участке курсируют грузовые поезда с временами хода, содержащимися в массиве  $timesPrig$  размерностью  $N-1$ . Интервалы одновременного прибытия, отправления и проследования заданы как величина  $timeFreqArr$ . Максимальное время стоянки равняется  $maxStay$ . Нечётным движением поездов принимается движение поезда от слоя с номером 0, чётным – от слоя с номером  $N$ .

### Архитектура сети

Число слоёв в сети равняется числу станций на участке. Слои пронумерованы от 0 до  $N$ . Каждый слой содержит 1440 нейронов по числу минут в сутках. Нейроны пронумерованы от 0 до 1439. Каждый нейрон  $i$ -го слоя связан со всеми нейронами слоя с номером  $i-1$  двумя наборами весов – для проследования поездов в чётном и в нечётном направлениях. Ниже мы их будем называть чёт-



ными и нечётными связями. Кроме того, каждый  $j$  нейрон связан с нейронами от  $j-timeFreqArr$  до  $j+timeFreqArr$  для отражения таких сущностей, как неодновременное прибытие, отправление и проследование поездов.

Нейрон имеет такой признак, как состояние – способность принимать сигнал. Подробно сущность состояний определена в [1].

Для контроля событий с поездами каждый нейрон может выполнять одну из технических операций: *arrivalNechet* (прибытие нечётного поезда), *departureNechet* (отправление нечётного поезда), *none* (нет операции), *arrivalChet* (прибытие чётного поезда), *departureChet* (отправление чётного поезда).

Ниже мы будем описывать прохождение сигнала от слоя с номером  $N$  в сторону уменьшения номеров слоёв. Обучение будет производиться в обратном направлении. Таким образом, для чётных поездов имитируется движение в реальном времени, для нечётных – в направлении, противоположном реальному.

Каждая матрица весов  $W$  между двумя слоями с номерами  $i$ ,  $i-1$  представляет собой квадратную матрицу с количеством строк и столбцов, равным 1440.

$$W_{i,i-1} = \begin{pmatrix} w_{0,1} & \dots & w_{0,1439} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ w_{1439,0} & \dots & w_{1439,1439} \end{pmatrix},$$

где  $w_{ij}$  – значение веса на связи, соединяющей нейрон с номером  $i$  одного слоя с нейроном с номером  $j$  соседнего слоя. Каждая строка представляет собой веса нейрона с фиксированным индексом. Номер столбца обозначает номер нейрона предыдущего слоя, который связан с нейроном данного слоя.

### Инициализация сети

Перед первым проходом сигналов по сети веса связей задаются следующим образом. Для  $j$ -го нейрона слоя  $i$  веса всех чётных связей с номерами от 0 до  $j + timesPrig[i - 1]$  приравняются нулю. Это запрещает как продвижение сигнала в сторону, противоположную течению времени, так и обеспечивает соблюдение минимального времени хода поезда между станциями. Все прочие веса задаются случайными числами полуинтервала  $[0;0,1)$ . Для нечётных связей выполняются аналогичные действия. При вычислении номера нейрона как при инициализации весов связей, так и в последующих расчётах проверяется условие попадания номера нейрона в отрезок  $[0;1439]$ .

Веса связей определяют уровень конкуренции между нейронами за право принять сигнал (поезд) на следующем слое (станции) в минуту, номер которой является номером столбца матрицы весов с положительным весом. Сигнал, характеризующий конкретный поезд, выходит со слоя нейронной сети (из данной станции) из некоторого нейрона (в некоторую минуту) и попадает на предыдущий слой.

Также при инициализации сети формируются связи  $j$ -го нейрона с соседними нейронами от  $j-timeFreqArr$  до  $j+timeFreqArr$ . Веса связей также задаются случайными числами от 0 до 0,1.



Для задания стоянки поезда формируется отдельный набор связей числом  $maxStay$ . Они связывают каждый нейрон с нейронами того же слоя в сторону прохождения сигнала.

### Передача сигнала по слоям

При прохождении сигнала по слоям последовательно происходит вычисление значений каждого нейрона. Массив значений  $X^l = \{x_0, x_1, \dots, x_{1439}\}$  будем называть значением слоя с номером  $l$ . Перед расчётом на слой с номером  $N$  подаётся вектор длины 1440, состоящий из нулей и единиц. Единица означает, что соответствующая минута связана с прохождением поезда.

Для всех значений, выходящих со слоёв с номерами  $N, N-1, \dots, 1$  выполняется:

$$\forall k \in (0, 1, \dots, 1439) \text{ если } X_k^{(i)} > 0, \text{ то } \exists j \in [0, 1, \dots, 1439]: w_{k,j} = \max\{w_{km}\}, X_j^{i-1} = 0$$

, тогда устанавливаем  $X_j^{i-1} = f(X_k^{(i)}, w_{k,j})$ ,

где

$w_{km}$  – вес на связи между нейронами слоев  $k$  и  $m$ ,

$f$  – функция активации,

$k$  – номер нейрона текущего слоя,

$i$  – номер рассматриваемого слоя.

Смысл описанного условия заключается в том, что для каждого нейрона с номером  $k$  текущего слоя с положительным значением выхода в следующем слое мы ищем такой нейрон, что значение веса их связи является максимальным из всех связей нейрона с номером  $k$  со следующим слоем.

Нейрону  $X_j^{(i-1)}$  присваивается значение статуса технической операции, равное  $arrivalChet$  для чётных поездов и  $arrivalNechet$  для нечётных. Состояние нейрона при этом переключается в состояние *off*. Все нейроны того же слоя с номерами от  $j-timeFreqArr$  до  $j$  также переключаются в состояние *off*. Из связей, предназначенных для стоянки, аналогичным указанному выше способу также выбирается связь с максимальным весом. Инцидентный с ней нейрон с номером  $m$  объявляется нейроном отправления поезда с данного слоя и ему присваивается состояние *chetOff* (*neChetOff*) и значение технической операции  $departureChet$  ( $departureNechet$ ).

Функции активации нейронов сигмоидные, задаваемые способом, указанным в [2].

Нейроны с номерами от  $j$  до  $m$  и от  $m$  до  $m+timeFreqArr$  получают состояние *off*.

Выходом сети  $Y$  примем вектор значений нулевого слоя  $X^{(0)}$ .

Как и ранее, существует желаемый выход сети  $Y_u$ , который представляет собой последовательность нулей и единиц, смысл которой идентичен смыслу входного вектора.

Введём понятие «номер поезда», который обозначим как  $r$ . Мы говорим, что поезд проходит по станции с номером  $l_1$  в минуту  $k_1$  и по станции с номе-



ром  $l_2$  в минуту  $k_2$ , если выполняется равенство:  $r(X_{k_1}^{l_1}) = r(X_{k_2}^{l_2})$   $\forall r \forall l \exists k: r(X_k^l) = r$ , т.е. все поезда проходят по каждой станции ровно в одной точке-минуте. По номерам поездов производится отслеживание прохождения поездов по всем станциям. Значения номеров поездов присваиваются на основании задания на разработку графика и действующей классификации поездов.

### Обучение сети

После расчёта значений нейронов всей сети отдельно считаются ошибки выхода для чётных и нечётных поездов. Возможны ошибки 2 видов – поезд пришёл раньше ожидаемого времени и поезд пришёл позже ожидаемого времени (либо поезд вообще не дошёл до нулевого слоя). Кроме того, во время прохождения сигнала между слоями «след сигнала» может «пересекать» сигнал, соответствующий другому поезду (случай обгона на одном и том же пути).

В силу имеющихся ограничений поезда встречных направлений не могут находиться на одном и том же пути в одно и то же время. Поэтому может возникнуть конкуренция за одни и те же нейроны у встречных поездов. Чтобы сеть быстрее дошла до удовлетворительного решения, мы сначала рассчитываем то направление движения (чётное или нечётное), суммарная ошибка по прибытию поездов у которого меньше.

Ошибка по прибытию состоит из двух составляющих:

1. Обычная ошибка
2. Позитивная ошибка

Ошибка сети для поездов, которые пришли позже ожидаемого времени либо вообще не дошли до нулевого слоя (назовём её обычной ошибкой), вычисляется по формуле:

$$E = \sum (k_u - k_v) + \sum_b (r * k'_u),$$

где

$r(Y_{k_u}) = r(Y_{k_v})$  – номер поезда,

$k'_u$  – номера индексов элементов вектора  $Y_u$ , для которых сигнал сети не дошёл до нулевого слоя,

$Y_{k_u}, Y_{k_v}$  – значения элементов соответственно целевого вектора  $Y_u$  и фактического вектора прибытий  $Y_k$

$r$  – коэффициент штрафа для недошедшего поезда.

Ошибка сети для поездов, которые пришли раньше ожидаемого времени (назовём её позитивной ошибкой), вычисляется аналогично:

$$E = \sum (k_v - k_u)$$

Таким образом, мы имеем 4 вида ошибок – для дошедших и не дошедших поездов для чётного и нечётного направлений. Ошибки измеряются в минутах.

Сеть обучается, начиная со слоя с номером 1 до слоя с номером  $N$ .

Если обычная ошибка (по чётному или нечётному направлению) нас устраивает (не превышает наперёд заданное значение), мы производим усиление



тех связей, по которым прошли удовлетворяющие нас сигналы сети. Если выход данного поезда произошёл не раньше ожидаемого времени, то веса всех связей, по которым прошёл сигнал данного поезда, увеличиваются на единицу.

В противном случае мы выполняем следующие четыре шага, описанные для чётного движения поездов:

1. Нахождение всех коллизий (обгонов) на рассматриваемом перегоне. Каждая коллизия двух поездов определяется перебором всех нейронов на обоих слоях и обнаружении таких ситуаций, когда выход первого поезда со станции происходит раньше выхода второго поезда, а прибытие первого поезда на следующую станцию происходит позже прибытия второго поезда.

2. Перебираются все нейроны слоя. Если инцидентный данному нейрону с состоянием *departureChet* (*departureNechet*) поезд пришёл не раньше ожидаемого времени, то происходит обучение весов связей этого нейрона: – увеличивая веса, находящиеся «слева» от положения максимального веса согласно формуле:

$$\forall c \in (j + \text{timePrig}, \dots, l - s): w_{j,c} = w_{j,c} + G \cdot \eta \cdot x_j^i \cdot f'(x_c^{i-1}) \quad (1)$$

– уменьшая сам максимальный вес по формуле:

$$w_{j,l} = w_{j,l} - \eta \cdot x_j^i \cdot f'(x_l^{i-1}) \quad (2)$$

– уменьшая веса, находящиеся «справа» от положения максимального веса по формуле:

$$\forall c \in (l, \dots, 1439): w_{j,c} = w_{j,c} - \eta \cdot x_j^i \cdot f'(x_c^{i-1}), \quad (3)$$

В формулах (1)-(3) приняты следующие обозначения:

*j* – номер обучаемого нейрона,

*timePrig* – минимальное время хода между слоями *i* и *i-1*,

*l* – номер нейрона слоя *i-1*, в который пришёл сигнал от нейрона с номером *j*,

*f'* – производная функции активации,

*s* =  $\sqrt{E}$  – показатель, характеризующий ширину отрезка, в пределах которого происходит положительная корректировка весов, *E* – обычная ошибка сети для данного направления,

*G* – коэффициент, введённый для ускоренного роста весов,

*η* – скорость обучения сети,

*x<sub>j</sub><sup>i</sup>* – значение нейрона *j* слоя *i*,

*f'(x<sub>c</sub><sup>i-1</sup>)* – значение производной функции активации в последующем слое (*i-1*) для нейрона с номером *i*,

3. Если поезд, инцидентному данному нейрону, обгоняют другие поезда, то происходит дополнительное увеличение весов нейронов, номера которых находятся в диапазоне от *j* + *timePrig* до номера нейрона прибытия обогнавшего поезда.

4. В случае если позитивная ошибка положительна, происходит обучение сигналов, соответствующих поездам, которые пришли раньше ожидаемого времени. Процедура идентична описанной в пункте 2, за исключением того, что слагаемые в формулах 1 и 2 меняют свой знак на противоположный.



Обучение сети происходит до тех пор, пока все 4 вида ошибок не будут удовлетворять заранее заданным значениям либо не будет исчерпано некоторое число попыток.

### Выводы

Итак, изменение весов происходит таким образом, чтобы прохождение сигналов вело от изначально заданных значений, поданных на один слой, к желаемым выводам на другом слое. В архитектуре нейронной сети имеются особенности для отражения в модели железнодорожных сущностей и ограничений. Подобраны алгоритмы, уменьшающие отклонения выхода сети от ожидаемого и для соблюдения правил проследования поездов.

Дальнейшее исследование будет посвящено изучению влияния скорости обучения и коэффициента *G* на точность работы сети и условий её сходимости.

### Литература

1. А.В.Игнатенков, А.М.Ольшанский О построении квазигопфилдовской искусственной нейронной сети для решения задач упорядочения процессов// В кн.: Перспективные информационные технологии (ПИТ-2015), том 2: труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. - Самара, Издательство Самарского научного центра РАН, 2015. - 388 с., с.74-78 - ISBN 978-5-93424-735-7.

2. А.В.Игнатенков, А.М.Ольшанский. Применение искусственной нейронной сети для построения расписаний процессов на примере графика движения поездов.// Современные информационные технологии и ИТ-образование. Т.2 (№11). 2015. //М., изд-во ВМК МГУ, 2015, - 614 с., с.50-55.

А.В. Игнатенков, М.Г. Лысыков, А.М. Ольшанский, В.С. Дарадур

### О РОЛИ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ В ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТЫ

(ООО «Научно-технологический центр по эксплуатации железных дорог»,  
Самарский государственный университет путей сообщения)

В настоящее время существует много подходов к интеллектуализации работы транспорта и железных дорог, среди которых – мультиагентные системы, генетические алгоритмы, искусственные нейронные сети и др. Все они пытаются решить задачу составления расписания работы полигона, узла, станции с определенными требованиями и критериями качества. Однако общим недостатком таких подходов является попытка учесть все факторы работы железных дорог как ограничения, не анализируя технологические причины появления каждого из ограничений.

В настоящей работе предлагается подход, основанный на автоматической выработке технологии работы станции, на основе которой в дальнейшем будет построен суточный план-график работы этой станции. Суточный план-график –





это расписание занятия путевого развития станции (путей, стрелок, парков, горловин) различными работами и операциями с подвижным составом (вагонами, локомотивами) и поездами (прибытие, отправление, проследование).

В общем случае каждая станция включает парк прибытия, парк отправления, сортировочный парк, вытяжные и ходовые пути, сортировочное устройство (горка, полугорка, вытяжка), соединительные пути и др.[2]. В данной работе авторы не привязываются к конкретной конфигурации станций.

В технологии работы станции наблюдаются определённые диспропорции, вызванные тем, что каждый из участвующих в её работе блоков направлен на локальную цель. Так, работа сортировочных подсистем станции направлена на эффективное составообразование, работа станции направлена на максимальный выпуск поездов на соседние участки, работа локомотивных диспетчеров и ЦУТР в той или иной степени оптимизирует использование локомотивов и бригад, местная работа на станции увязывает зарождение вагонов с объемами поступающего на сеть груза. Таким образом, каждое звено полигонной технологии «работает» на цель владельца этого звена. В итоге единая полигонная технология, результатом которой был бы прием поезда на входе полигона, выполнение последовательности операций на самом полигоне (на участках и станциях), фактически существует только на бумаге.

Между тем, такая технология и составляет в совокупности процессный подход. Для представления нового подхода рассмотрим некоторый полигон сети, представленный на рис.1



Рис.1 – Пример полигона сети

Жирными линиями выделены станции и перегоны, входящие в состав рассматриваемого полигона, тонкие линии – перегоны, примыкающие к полигону, называемые условно левым и правым подходом.

Полигон состоит из цепи «станция – участок – станция – участок...- станция».

Как станция, так и участок характеризуются нормативными данными, к которым можно отнести: топологию, времена хода, профиль, оснащенность системами СЦБ с возможностью съема информации с них, типом обращающихся локомотивов, данными об обкатке бригад и др.

Каждая станция обрабатывает следующие объекты:

- 1.Поезда
- 2.Вагоны в поездах и вагоны зарождающиеся на станции
- 3.Отправки (т.е. группы вагонов, оформленные по одному перевозочному документу)
- 4.Локомотивы
- 5.Локомотивные бригады



Здесь перечислены все объекты, содержащиеся в соответствующих моделях действующей на сети железных дорог автоматизированной системы организации и управления перевозками (АСОУП).

Следовательно, с учетом подхода к построению новой технологии работы участка и станции, основанной на автоматическом выборе рациональных технологических схем обработки поездов и вагонов на станциях и пропуска поездов на участке, изложенной ранее, существует возможность создать некоторый прообраз технологии работы полигона как объединение рациональных технологических схем.

Символически обозначим данную технологию как  $F$ , а множество поездов, обрабатываемых на полигоне по технологии  $F$ , обозначим как  $X$ . Тогда пропуск пакета поездов по указанному полигону можем символически записать как  $F(X)$ .

Однако технология, пусть даже оптимальная или, слабее, рациональная, есть некоторый абстрактный документ, применяемый к объектам классов. Это – бизнес-модель, применение которой может дать последствия, несколько отличающиеся для различных сценариев.

Так, при поступлении пакета поездов  $X$  в зависимости от свойств  $X$  режим работы участка можно выразить как  $F(X)+C_1$ ,  $F(X)+C_2$  или  $F(X)+C_n$ , где  $C_i$  – некоторая дополнительная величина, зависящая от параметров поступающего пакета  $X$ .

Методом классических аналогий заметим, что наша технология в применении к поездам, т.е.  $F(X)$ , выступает в виде общего решения эволюции поездной обстановки на полигоне, а конкретные зависимости вида  $F(X)+C_i$  – есть частные решения (проявления) той или иной технологии для конкретного потока.

Из теории автоматического управления системами с распределенными параметрами следует, что частное решение ищется на основании общего решения и добавления краевых условий, выражающих значения искомого уравнения в заданные моменты времени для той или иной точки системы.

Рассмотрим, что же представляют собой краевые условия в нашем случае для полигона. В качестве левого и правого граничного условия для рассматриваемого полигона могут выступать прогнозные времена прибытия конкретных поездов на вход полигона (левое условие), а в качестве правого условия могут выступать, в зависимости от ситуации, либо прогнозная динамика выгрузочных ресурсов (кораблей, сухопутных логистических терминалов и пр.), либо прогноз уровня пропускной способности (по часам) принимающего полигона.

В случае если у нас на сети идет работа по двум полигонам, сливающимся в третий, то для третьего полигона левые граничные условия – это прогноз прибытия поездов на точку соединения двух полигонов.

Этот прогноз может быть выполнен с применением искусственных нейронных сетей, отслеживающих продвижение отправившихся поездов на глубинную упреждения  $T$ . Первый прототип модуля, прогнозирующего прибытие поездов, был разработан для модельной станции Ярославль-Главный на одном из трехслойных персептронов[1].





Спрогнозированный режим прибытия поездов поступает на вход системы моделирования технологии работы станций и полигонов.

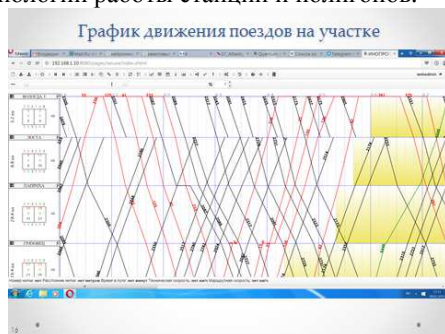


Рис.2 - Общий вид графика движения поездов

Данный график показывает, что, согласно модулю прогноза прибытия, ожидается режим проследования поездов на участке.

С помощью разработанного прототипа возможно конкретизировать режим работы станции, расположенной на выбранном полигоне. Для этого необходимо загрузить актуальное путевое развитие (в итоговой версии системы вся нормативно-справочная информация будет подгружаться из соответствующих справочных и информационных систем):

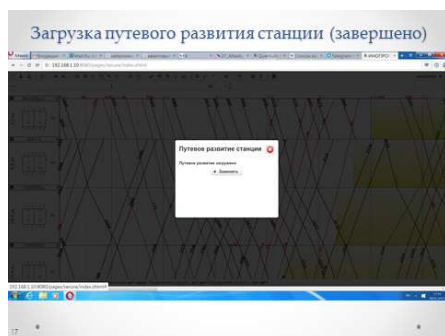


Рис.3 – Загрузка путевого развития станции

Система, используя машинное обучение на основе истории того, как по выбранной станции пропускались поезда данных типов с вагонами с различными признаками, автоматически предлагает технологию рациональной работы станции:

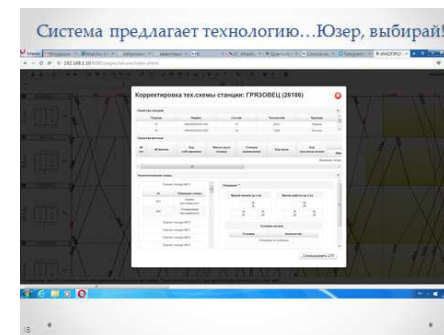


Рис.4 – Страница выбора опций суточного плана-графика

Пользователь имеет возможность вручную скорректировать предлагаемые системой технологические схемы.

Система переходит к генерации суточного плана-графика работы станции:

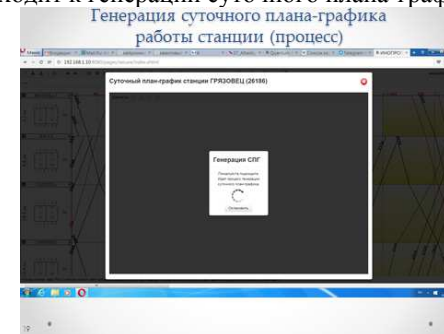


Рис.5 – Процесс генерации

Этот график может быть создан:

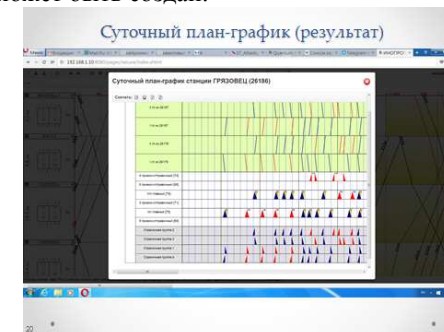


Рис.6 – Сгенерированный план-график и конвертирован в любой удобный формат:

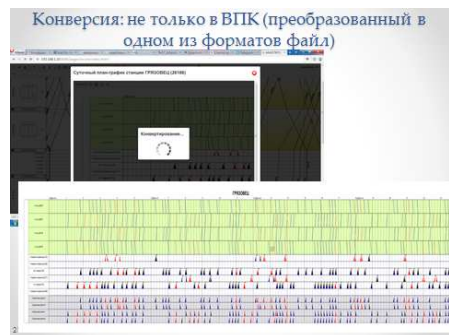


Рис.7 – Конверсия суточного-плана-графика

Таким образом, разработанный прототип системы позволяет реализовать описанную идеологию краевых условий, и формирует для систем верхнего уровня (планировщики, системы прогноза, справочные системы и пр.) рациональные технологические режимы работы участков, станций и имеет возможность полного сквозного моделирования работы заданного полигона в условиях прибывающих поездов за выбранный период времени и с учетом эксплуатационной обстановки на правом конце полигона. Развитие данного прототипа будет происходить в направлении добавления новых объектов (отправок, локомотивов, бригад).

Сделаем несколько замечаний о показателях качества предлагаемых решений с учетом общепризнанных положений по обработке статистики экспериментов[3].

Пусть существует некоторая ошибка в работе по каждой из моделей, рассматриваемых в предлагаемой системе, эта ошибка формируется соответствующими нейронными сетями, каждая из которых даст прогноз для каждой из моделей.

Фактическая разница реального прибытия потока и спрогнозированного нейронной сетью на входе будет давать нам ошибку прямого измерения. Прохождение материальных и информационных потоков на каждом из этапов будет добавлять к входной ошибке некоторую величину.

В случае, если предложенные системой технологические цепочки будут реализованы исполнителем в полном соответствии с рекомендациями, то ошибка на выходе из полигона будет как минимум не меньше входной ошибки.

В случае, если пользователем будет поставлена задача снижения этой ошибки по сравнению с входной, это потребует постановки многошаговой дискретно-непрерывной задачи оптимального управления со сложным функционалом. Вопрос формулировки такой задачи, поиска решения и организационного обеспечения найденного управления (дополнительные ресурсы, новые операции в технологических цепочках, смена режимов работы и т.п.) является вопросом для самостоятельного исследования.



## Литература

- 1.Лысков М.Г., Ольшанский А.М. О некоторых подходах к прогнозированию прибытия поездов на сортировочные станции.//Вестник транспорта Поволжья. 2014. №4(46). – Самара, РИО СамГУПС, 2014, с.74-81.
- 2.Управление эксплуатационной работой и качеством перевозок на железнодорожном транспорте. Под. ред. П.С.Грунтова. – М.:Транспорт, 1994. – 543 с., с.39-45. – ISBN 5-277-01418-7.
- 3.Вентцель Е.С. Теория вероятностей: учеб. для ВУЗов. – 5-е изд. стер. – М.: Высш.шк., 1998. – 576 с. – ISBN 5-06-003522-0.

А.В. Игнатенков

## ФИЛОСОФСКИЕ АСПЕКТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕВЫХ СИСТЕМ

(ООО «Научно-технологический центр по эксплуатации железных дорог»,  
Самарский государственный университет путей сообщения)

Современный мир – мир сложных систем, отличающихся многокомпонентным составом, наличием сложной внутренней структуры, явлениями самоорганизации и саморазвития. Таким системам свойственно контринуитивное поведение, наличие внутренних целей, находящихся в некотором противоречии с общей системной целью, что требует разработки новых подходов к их исследованию.

По мнению автора, исследователю, занимающемуся разработкой и моделированием интеллектуальных систем в целом и искусственного интеллекта (далее – ИИ) в частности, необходимо знать основные философские воззрения, связанные с ними, осмыслить место таких систем в мире, сформировать личное целостное отношение к этим понятиям.

Целью данной статьи является проанализировать некоторые философские аспекты, связанные с моделированием именно интеллектуальных нейросетевых систем.

Одним из подходов к моделированию таких объектов можно назвать подход моделирования поведения и управления поведением сложных систем с помощью искусственного интеллекта.

Исследования о сути ИИ содержатся в трудах Р.Декарта, А.Тьюринга, Р.Пенроуза, Д.Маккарти, Д.Сёрла.

Изучив основные существующие определения ИИ [4,5,6], автор определяет искусственный интеллект как средство решения задач моделирования тех видов деятельности, которые традиционно присущи человеку, а также ориентированное на понимание и оценку того, что является человеческим интеллектом и разумом.

ИИ лежит на стыке наук физики, математики, химии, биологии, информатики, компьютерных наук (computer science). Он является новым постнеклас-



сическим междисциплинарным направлением, активно эволюционирующим и образующим новые теории, генерирующим новое знание как эмпирически, так и теоретическими методами.

Особенностью ИИ является то, что этот подход позволяет добывать новое знание из множества наблюдений, фактов, экспериментов, а также образовывать новые приемы познания действительности. Так, например, понятие эволюции, заимствованное из общей биологии и генетики, в сочетании с науками об информации и ее обработке (теорией алгоритмов, основами программирования) привело к образованию генетических алгоритмов, успешно решающих оптимизационные задачи.

Другим крупным подходом к созданию моделей систем с интеллектуальным поведением является коннекционизм и построенные модели искусственных нейронных сетей.

Нейронная сеть – это параллельный распределённый процессор, способный самостоятельно извлекать данные из поступающей информации.

Первая нейронная сеть была построена в 1958 году. С тех пор было изобретено большое число их разновидностей в зависимости от функций активации, количества слоев, нейронов и характера связей между нейронами. Основные особенности поведения нейронных сетей – способность обучаться на ретроспективных данных, выявлять закономерности и восстанавливать пропущенные данные, проявляются почти таким же образом, как функции памяти у человека.

С помощью нейронных сетей при моделировании сложных систем решаются задачи анализа и сжатия данных, распознавания образов, прогнозирования рядов; родственными направлениями для применения и развития нейронных сетей являются теория игр, робототехника, теория управления и многие другие. Нейронные сети проявляют свою связь с кибернетикой, теорией автоматического управления, нелинейной динамикой при использовании их в системах управления. Это проявляется у рекуррентных нейронных сетей, тесно связанных с такими категориями как «устойчивость», «управляемый хаос», «теория катастроф» и т.п.

Увеличение числа нейронов в слое, а также увеличение числа слоёв, подбор соответствующих функций активации превращает нейронную сеть в мощное вычислительное средство.

Ключевые свойства нейронных сетей:

1) Обучение. Искусственные нейронные сети могут менять своё поведение в зависимости от внешней среды. После получения входных сигналов сети подстраивают параметры, чтобы обеспечить требуемую реакцию.

2) Обобщение. Отклик сети после обучения может быть до некоторой степени нечувствителен к изменениям входных сигналов. Эта внутренне присущая способность видеть образ сквозь шум и искажения позволяет преодолеть требования строгой точности, предъявляемое к обычным компьютерам. Важно отметить, что нейронная сеть делает обобщения благодаря своей внутренней



структуре, а не с помощью заложенных в неё алгоритмов, написанных человеком.

3) Абстрагирование. Некоторые из нейронных сетей обладают способностью извлекать сущность из входных сигналов, т.е. работать с данными, которые не возникали в процессе обучения.

В отличие от традиционных программ, которые выполняют строгие инструкции, заданные в алгоритме, в определённое время шаг за шагом, в нейронных сетях данные содержатся в сложной структуре и распределены по весам многочисленных связей. Входные данные могут быть недоопределены или определены нечётко, что в традиционных программах не представляется возможным. Поставленная задача может быть решена нейронной сетью, даже если входная информация не рассматривалась изначально при обучении, при условии, что данные не выходят за известные пределы ограничений. Каждый элемент сети выполняет несложные операции, и вся сеть целиком идеально подходит под параллельные вычисления, что может значительно ускорить её работу.

Классическое применение нейронной сети при обучении с учителем выглядит следующим образом. Некая выборка содержит некоторое количество пар входных и ожидаемых выходных значений. Часть этих данных называется обучающей и используется для того, чтобы по специальным алгоритмам так изменить веса связей между нейронами, чтобы при подаче входного значения выходное было как можно более похоже на ожидаемое. Другая часть называется валидационной и используется для изучения характера обучения, т.е. проверяется, в какой степени сеть обучилась именно на имеющихся данных и как она будет реагировать на новые входные данные. Третья часть называется тестовой и применяется для финальной проверки нейронной сети.

Очень часто возникает такая ситуация, когда сеть находит так называемый локальный минимум ошибки сети (один из аттракторов) – то есть такое значение ошибки, когда обучающие алгоритмы говорят, что цель достигнута, хотя на самом деле существует более качественное решение, глобальный минимум.

Недавние исследования, выполненные на стыке математики, биологии и психологии, показали, что существует любопытная связь между свойствами нейронных сетей и когнитивными способностями человека в онтологии его развития [3].

Исследовались изменения свойств модельной нейронной сети, средняя интенсивность межнейронных связей в которой сначала увеличивается, а затем уменьшается. Первоначальное усиление межнейронных связей ассоциируется с развитием мозга, а их последующее ослабление — с его инволюцией. Было показано, что период развития характеризуется когнитивной дифференциацией, выражающейся в увеличении числа аттракторов сети, а период инволюции — интеграцией, сопровождающейся сглаживанием рельефа функции ошибки сети и уменьшением числа ее аттракторов. Этап дифференциации (от общего к частному) принципиально необходим для структуризации и эффективного усвоения мозгом непрерывно поступающего к нему интенсивного потока информации, а



последующий этап интеграции (от частного к общему) позволяет мозгу обрести новые когнитивные способности, которые можно квалифицировать как проявления мудрости.

Таким образом, хотя с возрастом наблюдается ухудшение памяти и других когнитивных способностей, зато улучшается возможность отвлекаться от несущественных деталей и благодаря этому находить стратегически более эффективные решения, т. е. появление способности, которую можно рассматривать как проявление мудрости.

Авторы статьи [3] также задаются вопросом, что если с течением времени число локальных минимумов будет уменьшаться из-за разглаживания поверхности функции ошибки, то, в конце концов, может оказаться так, что останется только один аттрактор, самый глубокий, концентрирующий в себе интегральное представление мозга о мире. Какому понятию соответствует этот аттрактор? Возможно, тому, которое в разных религиозно-философских системах обозначалось как «дао», «логос», «бог» — первопричина и смысл всего сущего.

Автор приводит возражение, заключающееся в том, что в описываемых им процессах в итоге будет ровная поверхность функции ошибки, что эквивалентно угасанию всех связей между нейронами мозга. А последние из угасающих аттракторов, возможно, – самые базовые человеческие желания, цели и установившиеся, как например, чувство голода или инстинкт самосохранения.

К недостаткам искусственных нейронных сетей, которые неоднократно подчёркивались современными исследователями в области Computer Science, можно отнести следующие:

1) в соединительных сетях зачастую накладываются некоторые ограничения на возможные связи (сети без обратных связей или симметричные сети), что не вполне соответствует реальным нервным системам. В живых организмах нет принципиальных запретов на виды и количество связей между нейронами.

2) биологические системы изначально зашумлены в силу наличия химической составляющей;

3) невозможно добиться полного соответствия между искусственным и биологическим нейронами (последний представляет собой гораздо более сложный объект);

4) большинство коннективистских сетей однородны по составу элементов, структуре и функциям, в то время как биологические сети зачастую содержат множество типов нейронов;

5) синхронизация в коннективистских сетях традиционно базируется либо на глобальном цифровом тактовом сигнале, который поддерживает прогрессивную активность элементов либо путем метода стохастического обновления; но очевидно предположить, что индивидуальное течение времени для нейронов является одним из значительных факторов в понимании поведения биологических нейронных сетей.

Таким образом, наиболее яркими особенностями ИИ и связанных с ним направлений является постоянная изменчивость, генерация нового знания, быстрота распространения и самообучаемость, а особенностью моделирования



сложных систем в настоящее время – построение модели при помощи ИИ.

Перспективы развития ИИ как отдельного направления связаны с решением таких вопросов, как определение допустимых границ вмешательства ИИ в развитие окружающего мира; нахождение баланса между приватностью и доступом к данным, развитием квантовых компьютеров и алгоритмов для них и улучшением качества жизни в целом.

Автор считает создание искусственного интеллекта возможным, но с некоторыми оговорками. Важно будет определить, когда можно констатировать, что задача моделирования ИИ будет решена (если это возможно).

Успешным финалом такого проекта должно быть конструирование чрезвычайно сложной по нашим нынешним представлениям искусственной нейронной сети, которая смогла бы оперировать разнообразными понятиями и категориями человеческого мышления. Как отмечают исследователи, даже если будет с абсолютной точностью найдена нейронная структура, соответствующая видению, например, зелёного цвета, в ней не будет содержаться ничего, напоминающего качество этого ощущения [2]. И если личные переживания смыслов, равно как и этические или эстетические переживания, имеют ту же «субъективную» природу (что, впрочем, не очевидно, как уже говорилось), то никакое максимально глубокое проникновение в тайны мозга не приблизит нас к решению философской проблемы невыразимости субъективного опыта.

Также необходимо упомянуть высказывание физика Стивена Хокинга, который сказал, что «успешное создание ИИ станет самым большим событием в истории человечества. К сожалению, оно может оказаться последним, если мы не научимся избегать рисков». С ним согласен генеральный директор и главный инженер SpaceX Илон Маск, заявляя, что в ближайшие 5-10 лет может появиться нечто ужасное, если процесс изучения ИИ останется прежним [1].

Автор данной работы считает, что подобные опасения несколько преувеличены. Нет оснований полагать, что искусственный разум сможет вырваться за рамки ограничений и нанести вред его создателю, но это, конечно, будет зависеть от того, насколько продуманы алгоритмы, заложенные в самую базу обучаемости искусственного интеллекта, что, в свою очередь, возвращает нас к необходимости вдумчиво и подробно рассматривать все аспекты, связанные с моделированием ИИ.

### Литература

1. Илон Маск считает, что искусственный интеллект опасен для человечества [Электронный ресурс]: <https://geektimes.ru/post/241810/>
2. Михайлов И.Ф. К гиперсетевой теории сознания / И.Ф. Михайлов // Вопросы философии. 2015. № 11ю
3. Терехин А.Т. [и др.] Онтогенетическая эволюция и инволюция когнитивной деятельности мозга: нейросетевой подход / Теория развития: Дифференционно-интеграционная парадигма: сост. Н.И. Чуприкова. - М.: языки славянских культур, с. 167-182.
4. What is Artificial Intelligence? FAQ от Джона Маккарти, 2007, [Электронный ресурс]: <http://www-formal.stanford.edu/jmc/whatisai/node1.html>



5. Тьюринг А. Может ли машина мыслить?. – пер. с англ. Ю.В.Данилова - М.: ГИФМЛ, 1960.

6. Осипов Г.С. Искусственный интеллект: состояние исследований и взгляд в будущее [Электронный ресурс]: <http://www.raai.org/about/persons/osipov/pages/ai/ai.html>

А.М. Олышанский, А.В. Игнатенков

# О РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ УПРАВЛЕНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ ПРИ КВАЗИПЕРИОДИЧЕСКОМ ХАРАКТЕРЕ ПОВЕДЕНИЯ СИГНАЛА ОШИБКИ

(Самарский государственный университет путей сообщения,  
ООО «Научно-технологический центр по эксплуатации железных дорог»)

Цель настоящей работы – сформулировать постановку задачи управления искусственной нейронной сетью с переменной проводимостью сигнала, а также сделать выводы о возможности рассмотрения нейронной сети в терминах теории управления.

Рассмотрим многослойную нейронную сеть с переменной проводимостью сигнала [1], состояние которой в каждый момент времени характеризуется дифференциальным уравнением:

$$\frac{dE}{dt} = A * f(W, t) + B * G(t) \quad (1)$$

где

A – матрица системы размером  $n \times n$ ,

B – матрица внешнего воздействия,

G(t) – функция внешнего воздействия, в общем случае также матричная, в случае подачи единичных значений может быть выражена через функцию 1(t) или ее производные,

f(W, t) – некоторая функция, описывающая поведение сети как функцию весов и времени (возможен вариант – только от времени или только от весов),

E – вектор состояния сети (1).

Предположим, что существует некоторое управление  $u(E, W, t)$ , в общем случае с обратной связью по состоянию (по ошибке сети), которое мы применяем к нашей нейронной сети в уравнении (2), чтобы перевести сеть из некоторого состояния в момент времени  $t_0$  в целевое состояние в момент  $t_1$ .

Момент начала управления  $t_0$  определяется моментом пересечения траекторией E(t) некоторой поверхности с заданным значением уровня ошибки Δ.

Момент окончания управления  $t_1$  является открытым и определяется в ходе решения задачи синтеза оптимального управления сетью. В содержательном смысле условие окончания управления записывается как  $E(t) < \Delta$ .



Основываясь на выполненных численных испытаниях данной сети, результаты которых опубликованы в [2], авторами была установлена следующая принципиальная форма поведения ошибки сети:

$$\frac{dE}{dt} = \sum_{i=1}^m (a_i \cos(w_i t) + b_i \sin(w_i t)) + u(E, t) \quad (2)$$

где

m – число гармоник, из которых состоит сигнал ошибки, в расчётах  $m = 7$

$a_i, b_i$  – косинус-коэффициенты и синус-коэффициенты,

$w_i$  – частоты гармоник, определяемые спектральным анализом,

$u(E, t)$  – некоторое искомое управление.

То есть, сигнал ошибки сети во времени может быть аппроксимирован в виде совокупности гармоник.

Рассмотрим квадратичный функционал качества управления сетью, который запишем как (3), минимизирующий любое управление, прилагаемое к нейронной сети:

$$I = \int_{t_0}^{t_1} u^2(E, W, t) dt + E(W, t_1, u) \rightarrow \min \quad (3)$$

Решением любой из задач управления сетью выступает оптимальное управление  $u^*(E, W, t)$  с обратной связью, момент окончания управления  $t_1^*$ , а также оптимальная траектория  $E^*(t, W, u^*)$  снижения ошибки под воздействием управления.

Кривые  $u^*(E, W, t)$  и  $E^*(t, W, u^*)$  приводят нас к способу управления, который должен быть реализован алгоритмически через элементы структуры и поведения рассматриваемой нейронной сети с переменным распространением сигнала.

Вид граничного условия (4) определяется исходя из того, что в различные моменты времени окончания управления будет существовать различный фиксированный уровень остаточной ошибки:

$$\Phi(t_1, E) = E \quad (4)$$

где  $\Phi(t_1, E)$  – функция граничного условия.

Запишем уравнение Беллмана  $\Phi^E$  для задачи (2) с функционалом качества (3) и граничным условием (4):

$$\Phi^E = \frac{\partial \Phi}{\partial t} + \frac{\partial \Phi}{\partial E} * (\sum_{i=1}^m (a_i \cos(w_i t) + b_i \sin(w_i t))) + u(E, t) - u^2(E, t) \quad (5)$$

Найдем производную функции Беллмана по управлению и приравняем к нулю для поиска структуры оптимального управления:

$$\frac{\partial \Phi^E}{\partial u} = \frac{\partial \Phi}{\partial E} - 2u(E, t) = 0 \quad (6)$$

Отсюда структура оптимального управления выражается как:

$$u(E, t) = \frac{1}{2} \frac{\partial \Phi}{\partial E} \quad (7)$$

Подставив (7) в (5), получим

$$\frac{\partial \Phi}{\partial t} + \frac{\partial \Phi}{\partial E} * (\sum_{i=1}^m (a_i \cos(w_i t) + b_i \sin(w_i t))) + \frac{1}{4} \left[ \frac{\partial \Phi}{\partial E} \right]^2 = 0 \quad (8)$$

С учетом соображений (4) будем искать решение уравнения (8) в виде

$$\Phi(t, E) = K(t)E \quad (9)$$





$$\text{Запишем, что } \frac{\partial \Phi}{\partial t} = \frac{dK(t)}{dt} E \quad (10)$$

$$\frac{\partial \Phi}{\partial E} = K(t) \quad (11)$$

Подставив (10) и (11) в (8), получим общий вид уравнения, решив которое, можно получить функцию остаточной ошибки от времени, из которой с учетом (9), (7) можно будет получить функцию управления с обратной связью:

$$\frac{E(t_1)}{E(t)} \left[ \frac{\partial E}{\partial t} \right] + \frac{E(t_1)}{E(t)} \left( \sum_{i=1}^m (a_i \cos(w_i t) + b_i \sin(w_i t)) \right) + \frac{1}{4} \frac{E(t_1)}{E(t)} = 0 \quad (12)$$

При начальных условиях, т.е.  $E(t_0)=E_0=0,8777255$  от максимальной амплитуды ряда ошибки и при выбранных основных гармониках с круговыми частотами 0,07; 1,05; 1,48; 1,7; 2,25; 2,60; 3,25; (по данным программного продукта «SCAN» и мощности амплитуды: 0,223607; 0,3; 0,3; 0,4472; 0,4472; 0,547; 0,387 от максимальной амплитуды ряда ошибки, применение метода Рунге-Кутты 4-го порядка для уравнения (12) дало следующий вид функции управления примененной нейронной сетью.



Рис.1 – Полученное решение в виде функции  $K(t)$  (согласно (7))

По оси абсцисс данного графика показаны отсчеты времени.

Сделанные расчёты позволяют установить следующее:

1.С ростом времени необходимая интенсивность управления сетью должна меняться также квазипериодически, согласно рис.1.

2.Увеличение учёта числа гармоник, включаемых в уравнение эволюции ошибки сети (2), приведёт к росту точности решения.

3.В общем случае искусственная нейронная сеть не является полностью управляемой системой, однако приведенное решение позволяет считать ней-



ронные сети с переменной проводимостью сигнала системами, управляемыми по выходу.

4.Несмотря на найденный характер управления, возникает новая проблема трансформации найденного решения в конкретные алгоритмы, изменяющие веса связей между нейронами, скорости изменения данных весов, скорость обучения сети теми средствами, которые предусмотрены в конструкции нейронной сети [1]. Данный вопрос является направлением дальнейшего исследования.

### Литература

1.А.В.Игнатенков, А.М.Ольшанский О построении квазихопфилдовской искусственной нейронной сети для решения задач упорядочения процессов// В кн.:Перспективные информационные технологии (ПИТ-2015), том 2: труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А.Прохорова. - Самара, Издательство Самарского научного центра РАН, 2015. - 388 с., с.74-78 - ISBN 978-5-93424-735-7.

2.А.В.Игнатенков, А.М.Ольшанский. Применение искусственной нейронной сети для построения расписаний процессов на примере графика движения поездов.// Современные информационные технологии и ИТ-образование. Т.2 (№11). 2015. //М., изд-во ВМК МГУ, 2015, - 614 с., с.50-55.

А.М. Ольшанский, А.В. Игнатенков, М.Г. Лысков

### ОДИН ПОДХОД К АВТОМАТИЧЕСКОМУ УПРАВЛЕНИЮ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ РАБОТОЙ

(Самарский государственный университет путей сообщения,  
ООО «Научно-технологический центр по эксплуатации железных дорог»)

Целью настоящего доклада является развитие теоретических положений по управлению качеством эксплуатационной работы в части построения подхода для управления эксплуатационной работой станции и полигона.

Пусть эксплуатационная работа на полигоне задана некоторой неявно заданной функцией, отображающей входной поток информации, материальных потоков в выходной поток.

Вид данной функции должен определяться технологией работы полигона, которая, например, может быть получена на основе автоматического построения такой технологии на основе нормативно-справочной информации (НСИ) и системы машинного обучения, проектирование которой не рассматривается в настоящей работе (один из элементарных примеров применения такой системы дан в [1]).

Входной поток включает в себя:

1.Расписание поездов и поток прибывающих поездов

2.Поток отправок (информационный, так как соответствующие вагоны учтены в потоке вагонов)





3. Поток локомотивов
4. Поток локомотивных бригад
5. Поток вагонов

Выходной поток, фиксируемый в точке выхода полигона, также включает в себя:

1. Выходной поток поездов и плановое расписание
2. Выходной поток вагонов
3. Выходной поток локомотивов
4. Поток использования локомотивных бригад
5. Информационный выходной поток отправок

Данная схема представлена на рис.1

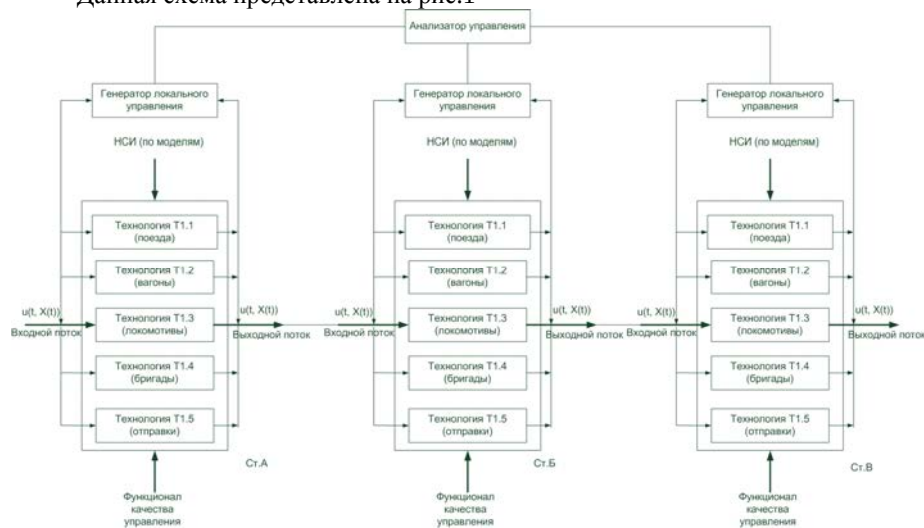


Рис.1 – Функционирование рассматриваемого полигона как системы управления

Представленная работа полигона по технологии, когда система на основе модуля машинного обучения предлагает один из вариантов, может выдавать определённую ошибку, ориентирована в большей степени на понятие технологического норматива, однако в реальной практике нуждается в корректировках, так как эксплуатационная работа – крайне динамичное явление.

В связи с этим в настоящей работе авторами вводятся некоторые принципы управления эксплуатационной работой:

1. Управление может прилагаться к любому из потоков. Так, чаще всего рассматривается управление поездопотоком и вагонопотоком через традиционные план формирования и график движения, однако в новых условиях может быть применено также и к отправлениям, бригадам и т.п.



2. Управление целесообразно осуществлять либо в точке входа потоков на рассматриваемый полигон (его подсистему) или непосредственно в самих моделях. При этом дополнительным компонентом будет выступать НСИ по основным потокам, выходящим со станции. Тогда для оставшейся и не обработанной части потока будет проводиться управление с обратной связью по состоянию.

3. За работой полигона производится постоянное наблюдение с помощью некоторого интеллектуального модуля, вырабатывающего и корректирующего управление эксплуатационной работой. Данный модуль может иметь различную природу (от нейросетевого до системы с жесткой комбинацией вариантов управления). Возможно построение некоторого полисистемного алгоритма управления с использованием подходов, указанных в [2]. При этом эксплуатационная работа классифицируется по ряду признаков искусственной нейронной сетью, которая вводит в действие один из заранее разработанных вариантов управления.

Управление будет реализовываться в виде последовательности команд или действий, объектом приложения которых выступает один из элементов входного / выходного потока, а равно и сам поток.

Таковыми действиями могут быть, например, сосредоточение дополнительных ресурсов или их высвобождение, краткосрочное или длительное форсирование инфраструктурных мощностей и перерабатывающих способностей, задержка в обработке какого-либо объекта, дополнительный технический прием и т.п.

Цель данного управления определяется функционалом, который может иметь взвешенный набор критериев эффективности и также являться предметом синтеза методом машинного обучения, но предусматривать и ручную пользовательскую установку. Эти критерии могут быть: минимизация стоимостных, временных затрат на управление, минимизация отклонения показателей процессов от запланированных значений (задача стабилизации) и др.

Рассмотрим небольшой пример (рис.2)

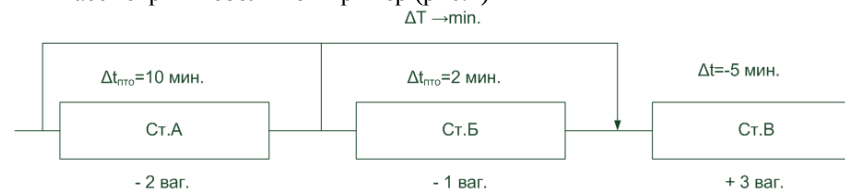


Рис.2 – Модельный полигон

Пусть поезд последовательно проходит станции А, Б, В, на которых осуществляется прицепка или отцепка вагонов. Пусть по результатам реализации технологической цепочки на первых двух станциях сформировалась задержка по обработке поезда на пункте технического обслуживания на 12 минут относительно графика. Цель управления – минимизировать отклонение движения поезда от графика. Тогда система, анализируя сложившееся отклонение при



подходе поезда на станцию В, предлагает такое решение: за счет изменения порядка операций по обработке приходящего поезда модифицируется технологическая цепочка, в результате сокращения отклонения на станции В получается равным 5 минут. В итоге общее время отклонения поезда по полигону получается  $12 - 5 = +7$  минут.

Показанный пример является в некоторой степени условным, так как не учитывает реальные операции с поездами и вагонами, в отношении которых возможны иные управляющие воздействия, например, смена нумерации поездов или отправление одного поезда по нитке другого и др.

Предложенные в настоящей работе принципы управления реализованы авторами в прототипе системы по управлению эксплуатационной работой (см. доклад «О роли граничных условий в проектировании эксплуатационной работы»).

### Литература

1. Лысков М.Г., Ольшанский А.М. О некоторых подходах к прогнозированию прибытия поездов на сортировочные станции. // Вестник транспорта Поволжья. 2014. №4(46). – Самара, РИО СамГУПС, 2014, с.74-81.
2. Ольшанский А.М. Система поддержки принятия решений для управления железнодорожным грузовым фронтом в транспортном подразделении промышленного предприятия. Автореферат дис... тех. наук. // Самара, изд-во СамГТУ, 2011. – 32 с.
3. Пантелеев А.В., Бортаковский А.С. Теория управления в примерах и задачах: учебное пособие. – М.: Высш.шк., 2003. – 583 с. – ISBN 5-06-004136-0.

А.Г. Исайчева, А.Е. Тарасова

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СТАНЦИОННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Основное назначение токопроводящего рельсового стыка (ТПС) - выравнивание сопротивления рельсовой линии сигнальному и тяговому току в местах стыкования рельсовых звеньев. ТПС является важным звеном систем контроля рельсовых линий (СКРЛ) от надежной работы которых, зависит безопасность функционирования железных дорог [1, 2].

С учетом того, что для процесса регулирования движения поездов необходимо исключить отказы и сбои в работе эксплуатируемых станционных информационных систем, становится очевидным необходимое требование – прогнозирование отказов. Это требование особо важно для диагностирования и прогнозирования сопротивления токопроводящих рельсовых стыков – элементов СКРЛ. Данная проблема становится более актуальной с ростом скорости движения поездов, на некоторых участках уже сейчас она достигает



200 – 300 км/ч, и массы приходящей на ось железнодорожного состава до 30 тон. При этом, существенно увеличивается динамическая нагрузка, которую испытывает ТПС, что приводит, к тому, что более 15% из всего потока отказов станционных систем автоматики и телемеханики происходит при обрыве стыкового соединителя.

Анализ динамики отказов устройств станционных систем автоматики по элементам в период с 2011 по 2015 гг. показывает, что распределение происходит одинаково, хотя наблюдается уменьшение их числа, но динамика снижения недостаточна. Это связано с тем, что техническое обслуживание заключается в выполнении графика техпроцесса, регламентирующий периодичность и виды работ по ремонту и обслуживанию СКРЛ, направленные на предупреждение и выявление возможных неисправностей. Устранение отказа происходит с последующим исследованием и выявлением причины [3, 4].

Территориальное расположение токопроводящих рельсовых стыков в значительной степени усложняет процесс выявления и устранения отказов из-за значительных расстояний, которые необходимо преодолевать обслуживающему персоналу для устранения неисправностей, что влияет на восстанавливаемость работоспособности.

Восстанавливаемость работоспособности элементов станционных информационных систем представляет собой функцию случайных величин и зависит от технической оснащенности участков, срока и условий эксплуатации устройств и составляет от 0,6 до 4,2 ч. Использование устройств мониторинга и диагностики состояний элементов позволяет на 30% сократить время восстановления.

Мониторинг и диагностику состояний токопроводящих стыков можно проводить тестовым диагностированием, выполняемым в специальных режимах, и функциональным диагностированием, осуществляемым непосредственно в процессе эксплуатации контролируемого объекта [5, 6].

Используемые в настоящее время устройства диагностики и мониторинга станционных информационных систем способны дать представление о работоспособности целиком всей системы, а более детальное исследование причин возникновения дефекта не представляется возможным.

Разработанное устройство относится к классу функционального диагностирования и направлено на устранение данного недостатка, при этом диагностирование состояний сопротивлений ТПС - элементов станционных информационных систем, осуществляется в процессе функционирования систем контроля рельсовых линий, когда на ее вход поступает только напряжение источника опроса рельсовых линий с целью определения состояний рельсовых линий: свободны, заняты или неисправны.

Результаты измерений параметров являются основным источником информации об их реальном состоянии и функциональных возможностях.

В качестве информативных признаков при функциональном диагностировании эффективнее использовать рабочие параметры СКРЛ, а именно: амплитуды и фазы напряжений на выходе рельсовой линии, а также дополнительные



признаки состояний, позволяющие увеличить глубину диагностирования – амплитуды и фазы напряжения и тока на входе рельсовой линии.

Процедура функционального диагностирования станционных систем автоматики и телемеханики осуществляется сравнением текущего состояния объекта с пространством исправного состояния по алгоритму:

- при нормальном функционировании устройства осуществляется непрерывный прогноз ресурса объекта диагностирования;
- в случае равенства пространству исправного состояния осуществляется диагностирование объекта;
- при ухудшении текущего значения определяется место отказа, за этим следует непосредственное восстановление работоспособности системы.

Для разработки математических моделей порождения диагностических признаков станционных рельсовых цепей в работе предложен метод редукции импедансных параметров четырехполюсников.

Суть методики заключается в последовательном определении входных параметров нагруженных четырехполюсников, начиная с релейных концов, нагруженных на пассивные двухполюсники:

$$Z_v = F[Z_{v_i}(\Theta_i), Z_{v_j}(P_j), \dots, Z_{v_k}(Y_k)], i, p, \dots, k \in M,$$

Формирование математических моделей осуществляется с использованием входных рабочих параметров.

$$\left. \begin{aligned} \overline{U}_j &= F[Z_{v_j}, r_j(t), z_k(t), \ell, f], \quad j \in \{1, h\}, \\ \overline{I}_j &= F[Z_{v_j}, r_j(t), z_k(t), \ell, f], \quad j \in \{1, h\}, \end{aligned} \right\}$$

Для всех сопротивлений стыков и сопротивлений изоляции рельсовых линий.

$$\begin{aligned} z_k(t), \quad \forall k \in \{min, max\}, \\ r_j(t), \quad \forall j \in \{min, max\}. \end{aligned}$$

где матрицы  $\|A_i\|, \|A_j\|, \|A_k\|$ , - параметры четырехполюсников рельсовых линий.

Для проведения численного моделирования в классический алгоритм расчета параметров СКРЛ добавлены цикл по изменению координаты и величины сопротивления токопроводящего стыка.

С использованием математического пакета Mathcad и разработанной процедуры формирования диагностирующих функций восстановлено семейство индивидуальных диагностирующих функций для всех сегментов подклассов маршрутов диагностирования. По результатам проведенного моделирования предложенной дискретно распределенной DRL – моделью рельсовой линии и известной моделью с равномерно распределенными параметрами RRL – моделью рельсовой линии определено, что максимальная относительная погрешность моделей составила не более 1,8%. Это констатирует факт адекватности DRL и RRL – моделей, и подтверждает возможность исследования информативных признаков разработанной DRL – моделью.



## Литература

1. Сапожников, В.В. Надежность систем железнодорожной автоматики, телемеханики и связи [Текст] / Учебное пособие для вузов ж.-д. транспорта. / В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, В.И. Шаманов / Под ред. Вл.В. Сапожникова. – М.: Маршрут, 2003. – 263 с.
2. Дмитренко, И.Е. Техническая диагностика и автоконтроль систем железнодорожной автоматики и телемеханики [Текст] / И.Е. Дмитренко – М.: Транспорт, 1986. – 144 с.
3. Сизов, К.В., Анализ причин отказов классификаторов состояний рельсовых линий [Текст] / К.В. Сизов, Е.М. Тарасов // Международный научно-исследовательский журнал. 2015. №6-1(37). С. 76-78.
4. Тарасов, Е.М. Анализ дестабилизирующих воздействий на рельсовые линии и принцип обеспечения инвариантности классификатора [Текст] / Е.М. Тарасов, А.С. Белоногов // Вестник СамГУПС. 2013. №4. С. 60-65.
5. Железнов, Д.В., Концепция мониторинга и диагностики состояний токопроводящих стыков [Текст] / Д.В. Железнов, А.Г. Исаячева // Вестник транспорта Поволжья. 2015. №4(52). С. 15-17.
6. Березин, С.А. Представление признаков пространства объекта в самоорганизующейся системе технической диагностики [Текст] / С.А. Березин // Методы исследования технической устойчивости и качественных свойств систем железнодорожного транспорта: Межвузовский сборник научных трудов. – М.: РГОТУПС МПС РФ, 2003. – С. 10-14.

Н.П. Кислинский, М.В. Медведев

## ТРЕХМЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕРЕОСИСТЕМЫ ВИДЕОКАМЕР

(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева-КАИ)

С развитием информационных технологий и средств видеонаблюдения появилась возможность получать видеоданные от систем, состоящих из двух и более оптических датчиков. В отличие от машинного зрения, основанного на использовании одной камеры, стереозрение, в определенной степени повторяя особенности человеческого зрения, позволяет компьютеру получать информацию не только о цвете и яркости объекта, но и о расстоянии до него. Это дает возможность обойтись без использования разнообразных дорогостоящих датчиков измерения расстояний, снижая таким образом себестоимость технического решения, что в ряде задач, связанных с робототехникой, является критичным условием. Визуализировав полученные данные, можно приметить их в различных целях, как для обучения и развлечения (системы расширенной и виртуальной реальности), так и для последующей обработки и принятия решений о возможных манипуляциях с объектом.



Для решения задачи построения трехмерной модели объекта с использованием стереосистемы видеокамеры было предложено решение, состоящее из следующих этапов.

1. Первичная калибровка камер (определение внутренних параметров камеры, уменьшение дисторсии).
2. Ректификация изображений.
3. Регистрация изображений.
4. Сегментация.
5. Сопоставление изображений и поиск сопряженных точек (определение диспаратета).
6. Совмещение набора пространственных данных.
7. Построение объемной триангуляционной сетки.

На первом этапе осуществляется калибровка камер стереопары, которая происходит по отдельности, так как такой подход уменьшает количество неизвестных параметров калибровки и улучшает устойчивость работы численных методов. Калибровка камеры включает в себя выбор модели камеры, численных алгоритмов поиска параметров модели и объекта калибровки. Для калибровки используется метод, основанный на использовании плоского калибровочного объекта в виде шахматной доски.

Второй этап является основой для последующей обработки. Пара стереоснимков должна быть пересчитана в единую прямоугольную систему координат с приведением изображения к эпиполярной стереопаре.

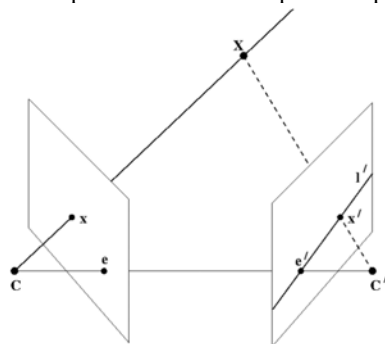


Рис. 1. Эпиполярная геометрия

Пусть имеются две камеры, как изображено на рис. 1, где  $C$  — центр первой камеры,  $C'$  — центр второй камеры. Точка пространства  $X$  проецируется в точку  $x$  на плоскость изображения левой камеры и в точку  $x'$  на плоскость изображения правой камеры. Прообразом точки  $x$  на изображении левой камеры является луч  $xC$ . Этот луч проецируется на плоскость второй камеры в прямую  $l'$ , называемую эпиполярной линией. Образ точки  $X$  на плоскости изображения второй камеры обязательно лежит на эпиполярной линии  $l'$ . Таким образом, каждой точке  $x$  на изображении левой камеры соответствует эпиполярная линия  $l'$  на изображении правой камеры. При этом пара для  $x$  на изображении



правой камеры может лежать только на соответствующей эпиполярной линии. Аналогично, каждой точке  $x'$  на правом изображении соответствует эпиполярная линия  $l$  на левом. Эпиполярную геометрию используют для поиска стереопар и для проверки того, что пара точек может быть стереопарой (т.е. проекцией некоторой точки пространства).

Третьим этапом алгоритма является регистрация изображений. Регистрация проводится камерами стереоскопической системы, использующей две камеры и регистрирующие изображения объекта с различных ракурсов. Камеры жестко закреплены на общем основании неподвижно. Необходимо синхронизировать работу камер стереосистемы для исключения возможности искажения регистрируемого трехмерного образа.

На четвертом этапе осуществляется выделения объекта из фона, полученные изображения проходят этап сегментации алгоритмом  $k$ -средних [1]. Общая идея алгоритма состоит в том, что заданное фиксированное число  $k$  кластеров наблюдения сопоставляются кластерам так, что средние в кластере (для всех переменных) максимально возможно отличаются друг от друга, т.е. стремится минимизировать суммарное квадратичное отклонение точек кластеров от центров этих кластеров:

$$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} (x_j - \mu_i)^2,$$

где  $k$  — число кластеров,  $S_i$  — полученные кластеры,  $i=1,2,\dots,k$  и  $\mu_i$  — центры масс векторов  $\mu_i \in S_i$ . К его достоинствам можно отнести простоту реализации, быстроту исполнения, понятность использования и прозрачность алгоритма. Однако, алгоритм обладает определенными ограничениями и недостатками: алгоритм слишком чувствителен к выбросам и требует задания количества кластеров.

На пятом этапе обработанные изображения необходимо сопоставить и обнаружить сопряженные точки для расчета диспаратности. Полуглобальный алгоритм стереозрения (Semi-Global Stereo Matching) [2] является достаточно быстродействующим для работы в реальном времени и имеет приемлемое качество работы по сравнению с другими алгоритмами.

На шестом этапе после расчета диспаратности и получения набора точек необходимо объединить несколько наборов точек с разных ракурсов в единое облако точек. Для этого используется итеративный алгоритм ближайших точек (Iterative Closest Point) [3], использующийся для сведения к минимуму разницы между двумя облаками точек. ICP часто используется для восстановления двухмерных (2D) или трёхмерных (3D) поверхностей из разных наборов точек. Алгоритм концептуально прост и часто используется в режиме реального времени. Он многократно применяет преобразования (смещение, вращение), необходимые для сведения к минимуму расстояние между точками из двух необработанных наборов.

Данное решение может быть применено как в развлекательных и образовательных целях (системы виртуальной и расширенной реальности), так и для



дистанционных работ в агрессивной среде, где присутствие человека невозможно (тепловое воздействие, химическое, радиационное загрязнения).

### Литература

1. Fasulo, D. An Analysis Of Recent Work on Clustering Algorithms [Электронный ресурс]. URL: <http://logic.pdmi.ras.ru/ics/papers/aca.pdf> (дата обращения 1.02.2015).
2. Пономарев, С.В. Методика сравнения алгоритмов стереозрения при восстановлении трехмерной модели лица человека // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. - № 6. Санкт-Петербург, 2013. С. 40 - 45.
3. Rusinkiewicz, S. Efficient Variants of the ICP Algorithm / S. Rusinkiewicz, M. Levoy. // [Электронный ресурс]. URL: [https://www.cs.princeton.edu/~smr/papers/fasticp/fasticp\\_paper.pdf](https://www.cs.princeton.edu/~smr/papers/fasticp/fasticp_paper.pdf) (дата обращения 1.02.2015).
4. Сковрцов, А.В. Алгоритмы построения и анализа триангуляции // Научное издание - Томск: Изд-во томского ун-та, 2006. С. 1 - 168.

М.А. Корякина

### РАЗРАБОТКА И ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АППАРАТА ПРИ ОБУЧЕНИИ КУРСАНТОВ В АВТОШКОЛЕ ООО «АВТОМОБИЛИСТ»

(Оренбургский государственный аграрный университет)

В настоящее время на российских дорогах с каждым годом увеличивается количество автомобильного транспорта разных категорий и моделей. В связи с этим возрастает потребность в профессиональном обучении курсантов автошкол и получение ими водительских прав. Современные автошколы представляют большой спектр услуг: обучение водителей транспортных средств, оборудованные тренажерами учебные классы, программное обеспечение, техническое обслуживание и ремонт автопарка, технический контроль автомобилей и т. д. Весь перечень услуг направлен на получение качественных теоретических и практических знаний, внедряя современные и эффективные методы и средства. При выборе автошколы будущему курсанту необходимо принять правильное решение, так как от него будет зависеть безопасность жизни людей на дорогах.

**Цель** – разработать автоматизированную информационную систему обучения курсантов в автошколе ООО «Автомобилист» и осуществить поддержку принятия решения о поэтапном прохождении экзаменов в автошколе (внутренний) и ГИБДД (внешний).

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи анализа и синтеза.

К **задачам анализа** относятся:



- 1) анализ предметной области;
- 2) анализ информационных потоков в автошколе;
- 3) выбор метода проектирования базы данных;
- 4) выбор средств проектирования базы данных.

К **задачам синтеза** относятся:

- 1) проектирование и разработка базы данных;
- 2) разработка алгоритма поэтапной сдачи экзаменов в автошколе;
- 3) выбор и разработка математической модели задачи поддержки принятия решения.

Информационные потоки представлены документами. Анализ информационных потоков позволяет определить состав входных и выходных документов, обрабатываемых и получаемых в рамках проектируемой АИС.

Организационная структура автошколы ООО «Автомобилист» представляет собой схему, изображенную на рисунке 1.

Следующий этап моделирования предметной области – разработка логической модели базы данных «Обучение курсантов в автошколе» средствами СУБД MS ACCESS'2010, состоящую из 11 объектов, как показано на рисунке 2.



Рисунок 1 – Организационно-штатная структура автошколы ООО «Автомобилист»

Проводимый преподавателями внутренний и внешний экзамен в автошколе осуществляется в условиях определенности (рисунок 3). При разработке математического аппарата наиболее удобно применить статистический метод – дискриминантный. На примере анализа проведения внутреннего экзамена (автошкола) были зафиксированы следующие три этапа:

- 1 этап – теоретический экзамен (тестирование 40 вопросов);
- 2 этап – стандартные упражнения на автодроме;
- 3 этап – практический экзамен по вождению в условиях города.

Эти группы характеризовались двумя переменными:  $X_1$  – количество баллов;  $X_2$  – ошибки (указаны в таблице 1).



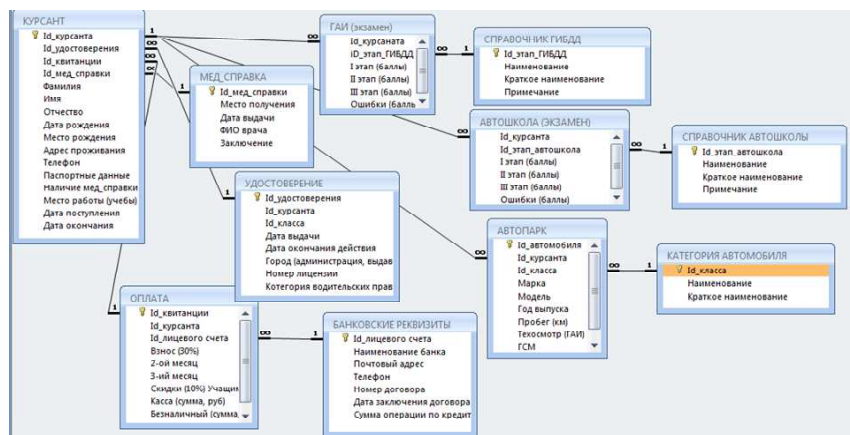


Рисунок 2 – Дatalogическая модель базы данных «Обучение курсантов в автошколе «Автомобилист»», построенная при помощи СУБД Access'2010

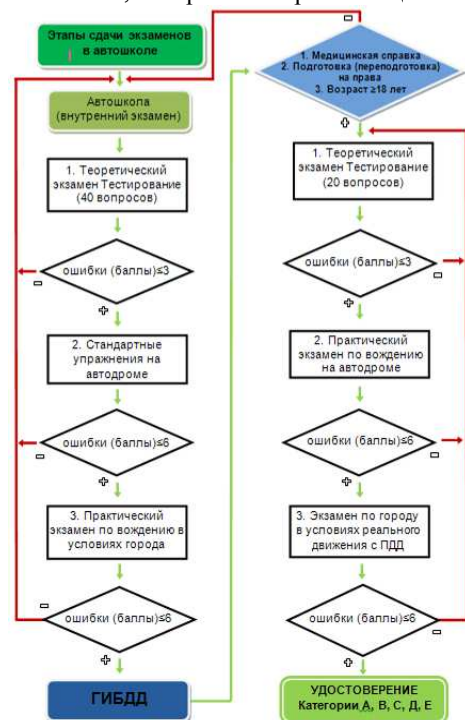


Рисунок 3 – Алгоритм сдачи экзаменов в автошколе и ГИБДД



Таблица 1

| №<br>курсанта | 1 этап         |                | 2 этап         |                | 3 этап         |                |
|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|               | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> |
| 1             | 38             | 2              | 46             | 4              | 45             | 5              |
| 2             | 39             | 1              | 49             | 1              | 46             | 4              |
| 3             | 39             | 1              | 47             | 3              | 49             | 1              |
| 4             | 39             | 1              | 48             | 2              | 49             | 1              |
| 5             | 38             | 2              | 47             | 3              | 47             | 3              |
| 6             | 40             | 0              | 47             | 3              | 50             | 0              |
| 7             | 38             | 2              | 46             | 4              | 48             | 2              |
| 8             | 38             | 2              | 48             | 2              | 50             | 0              |
| 9             | 38             | 2              | 50             | 0              | 48             | 2              |
| 10            | 40             | 0              | 48             | 2              | 46             | 4              |

Следовательно, если  $f_1 - f_2 < 0$  и  $f_2 - f_3 > 0$ , то курсант сдал второй этап экзамена и, следовательно, может приступить к прохождению третьего этапа – практического экзамена по вождению в условиях города (рисунок 4.1 – 4.2).

Figure 1 displays a 4x4 grid of 16 small plots, each showing a 2D probability distribution (heatmap) of a system with two discrete variables,  $x$  and  $y$ , both ranging from -2 to 2. The plots are arranged in a 4x4 grid, with rows and columns labeled  $X_1, X_2, X_3, X_4$ . The distributions show a progression from a single peak to a more complex, multi-peaked structure. The plots are labeled with their corresponding coordinates  $(X_1, X_2, X_3, X_4)$  and the corresponding values of the state variables  $(X_1, X_2, X_3, X_4)$ .

The plots are labeled with their corresponding coordinates  $(X_1, X_2, X_3, X_4)$  and the corresponding values of the state variables  $(X_1, X_2, X_3, X_4)$ .

The plots are labeled with their corresponding coordinates  $(X_1, X_2, X_3, X_4)$  and the corresponding values of the state variables  $(X_1, X_2, X_3, X_4)$ .

The plots are labeled with their corresponding coordinates  $(X_1, X_2, X_3, X_4)$  and the corresponding values of the state variables  $(X_1, X_2, X_3, X_4)$ .

Рисунок 4.1 – Решение дискриминантного анализа в MathCAD



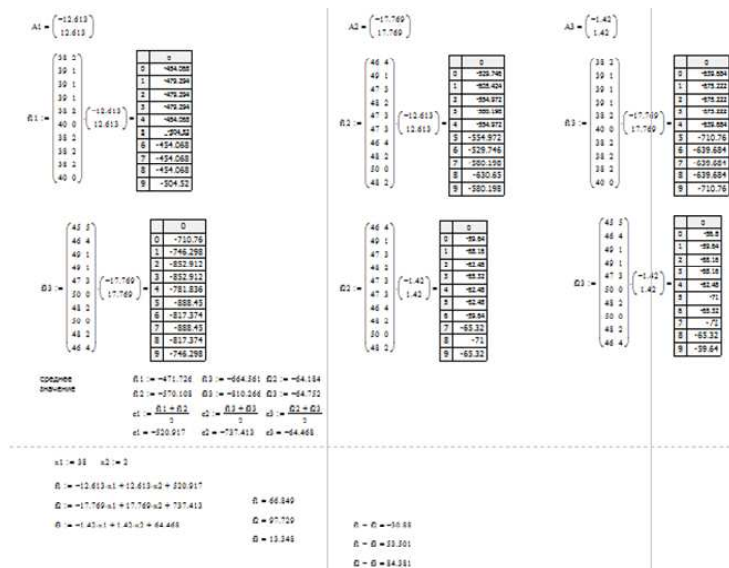


Рисунок 4.2 – Решение дискриминантного анализа в MathCAD (продолжение)

На основе изученных свойств и методов компонента TADOTable среды программирования Delphi можно создать приложение проведения дискриминантного анализа, как показано на рисунке 5. По итогам проведения данного анализа можно обоснованно принимать решение курсанту и преподавателю автошколы в процессе обучения.

Таким образом, синтез автоматизированного проектирования баз данных и математического метода дискриминантного анализа позволит существенно повысить эффективность обучения курсанта, производительность труда сотрудников ООО «Автомобилист» по Оренбургской области и снизить как временные, так и материальные затраты.

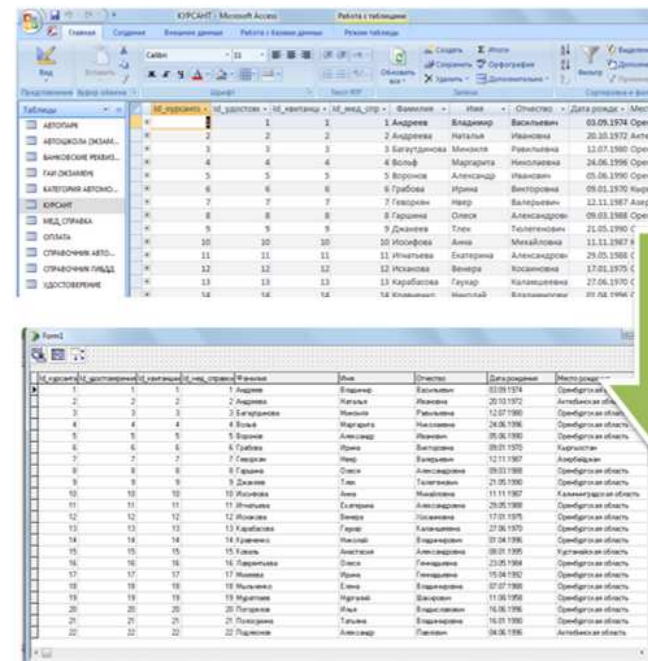


Рисунок 5 – Результат технологии соединения

## Литература

1. Волкова, Т.В. Проектирование и создание БД: учебное пособие / Т.В. Волкова. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2006. – 140 с.
2. Анфилов, В.С. Системный анализ в управлении: учебное пособие / В.С. Анфилов, А.А. Емельянов, А. А. Кукушкин. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 368 с.

А.Е. Лисогор

## ПРИЛОЖЕНИЕ "ПРИБЫВАЛКА-63" ДЛЯ ПЛАТФОРМЫ J2ME

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Практически нет людей, которые не пользуются общественным транспортом. Облегчить перемещения по городу призван Транспортный Оператор Самары – сервис, предоставляющий оперативную информацию о том, какое средство передвижения и когда прибудет на выбранную остановку, информацию о маршрутах, курсирующих по городу и области, а также иные полезные сведения по транспортным вопросам [1][2].



Некоторое время назад в дополнение к уже имеющимся мобильным приложениям для платформ Android, IOS, Blackberry, Windows Phone[1] и веб-версиям сайта Транспортного Оператора Самары [tosamara.ru](http://tosamara.ru) была разработана и выпущена Прибылка-63 для операционных систем на базе J2ME и Symbian, которая успешно заняла свое место среди остальных программ.

В долгосрочной перспективе сокращение доли J2ME и Symbian неизбежно приведет к уменьшению популярности приложения, но, как показывает практика, пока количество запросов на получение информации о прибытии транспорта держится на определенном уровне и в среднем составляет от 1 до 2 тысяч запросов в день.

В связи с этим развитие приложения не останавливается, его функциональность пополняется новыми возможностями, последней из которых на текущий момент является функция построения маршрута между заданными пользователем точками.

Подобная задача достаточно часто стоит перед жителями крупных городов.

Каждый картографический сервис, будь то Яндекс.Карты[3] или Google Maps[4], предлагает функцию построения маршрутов между точками, указанными пользователем. Однако данные, предоставляемые ими, носят лишь рекомендательный характер, не отражая реальное положение транспорта и его движение по заданному маршруту.

Транспортный Оператор Самары позволяет как построить маршрут, так и получить данные, которые помогут точно спрогнозировать движение пользователя от начальной точки до места назначения. Используя эти сведения, модуль построения маршрута Прибылки-63 для платформы J2ME сможет определить все интересующие конечного пользователя параметры маршрута, например, время в пути, количество пересадок, расходы на транспорт и так далее, и сообщить пользователю точное время движения[5].

Модуль работает по следующему алгоритму. В связи с тем, что прямое получение координат на платформы J2ME затруднено, приложение отправляет запрос к API геокодирования поисковой системы Спутник[6] на преобразование адресов начальной и конечной точки маршрута.

После получения координат модуль выполняет запрос, включающий в себя также предпочитаемые виды транспорта и критерий оптимальности (например, время, длину или стоимость)[5], к API Транспортного Оператора.

Ответом на запрос является xml-файл, содержащий в себе сведения о длине построенного маршрута, стоимости перемещения, времени, потраченном на его прохождение, а также подробного описания самих перемещений между точками.

Модуль анализирует части маршрута следующим образом:

- Для находящихся в секции «walk» сохраняются значения предыдущей (stopFrom) и следующей остановки (stopTo), время перемещения между ними (time) и комментарий (comment);



- Для находящихся в секции «pass» сохраняются значения начальная (stopFrom) и конечная (stopTo) остановки, все подходящие для перемещения между ними маршруты (routes) транспорта, время перемещения (time) и комментарий (comment).

После этого модуль выполняет запрос прогноза движения[5] для каждого «транспортного» блока, используя значение stopFrom, а затем производит фильтрацию ответа, сохраняя только те маршруты, которые есть в routes и подходящие по времени. Кроме того, запоминается идентификатор первого подходящего транспорта (hullno).

Если hullno существует, модуль выполняет еще один запрос к API Транспортного оператора[5], получая количество остановок, которое нужно проехать на данном транспорте, и время, потраченное на движение. При отсутствии прогноза или подходящего транспорта используются значения по умолчанию, полученные от Транспортного оператора.

После того, как модуль выполнит все рассмотренные операции, происходит итоговая генерация текста, который будет показан пользователю, по следующим шаблонам:

- Пешком ~ 5 мин.  
до ост. Проспект Карла Маркса

- На транспорте:  
Вам подходят:  
Трамвай #7 - через 7 мин.  
Автобус #55 - через 10 мин.

-----  
Проехать 3 остановок ~ 3 мин.  
до ост. Московское шоссе

Кроме того, рассчитывается и отображается на экране итоговое время, представляющее собой сумму всех временных интервалов, затраченных на перемещение по каждому из участков построенного маршрута.

Таким образом, пользователь получает всю интересующую его информацию с максимально уточненным временем движения от начальной до конечной точек маршрута.

### Литература

1. Транспортный Оператор Самары [Электронный ресурс]. URL: <http://tosamara.ru> (дата обращения: 07.03.2016).
2. Сайт Транспортного Оператора Самары [Электронный ресурс]. URL: <https://mymaster.livejournal.com/273735.html> (дата обращения: 05.03.2015).
3. Яндекс.Карты — Википедия [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Яндекс.Карты> (дата обращения: 13.03.2016).
4. Google Maps — Википедия [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Google\\_Maps](https://ru.wikipedia.org/wiki/Google_Maps) (дата обращения: 13.03.2016).



5. Транспортный Оператор Самары — Программные интерфейсы (API) [Электронный ресурс]. URL: <http://tosamara.ru/api/> (дата обращения: 07.03.2016).
6. Спутник / Карты — Сервис геокодирования [Электронный ресурс]. URL: <http://api.sputnik.ru/maps/geocoder/> (дата обращения: 09.03.2016).

Т.И. Михеева, А.Н. Имамутдинов, А.В. Золотовицкий

## МНОГОУРОВНЕВАЯ АРХИТЕКТУРА ВЕБ-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ITS GIS

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

В настоящее время, при принятии решения об оптимальном управлении объектами транспортной инфраструктуры (ТрИ), стоит вопрос обеспечения доступа к информации о состоянии объектов ТрИ, которые являются важной и неотъемлемой составляющей транспортного комплекса любого мегаполиса, и обеспечивают его функционирование.

Основной проблемой, возникающей при управлении объектами ТрИ, являются устаревшие методики накопления и обработки информации. Анализ состояния ТрИ осуществляется, в основном, опираясь на бумажные носители: таблицы, ведомости о наличии технических средств организации дорожного движения (ТСОДД), карты и отчеты о полевых работах. В таких условиях лицо, принимающее решение об управлении ТрИ, опирается на устаревшую информацию. Определение взаимного расположения, мониторинг состояния, доступ к атрибутивной информации объектов ТрИ, при такой организации работы, представляется сложным и трудоемким процессом, т.к. плотность и объемы информации достаточно высоки для их ручной обработки. Появляется необходимость в разработке новых методов и средств для учета, оперативного доступа к атрибутивным и пространственным данным, оценки состояния объектов ТрИ.

Совокупность достижений в области интеллектуальных транспортных систем (ИТС), геоинформационных систем (ГИС) и Интернет-технологий, предоставляющих инструменты для удаленного доступа к информационным ресурсам, позволили по-новому решать задачи визуализации, предоставления оперативного доступа к информации о состоянии и дислокации объектов ТрИ.

Разработанная система дислокации объектов ТрИ позволит сформировать представление об актуальном взаимном расположении и состоянии объектов и процессов ТрИ для дальнейшего принятия решения об управлении.

Синтез веб-ориентированных ГИС дислокации и поддержки управления объектов ТрИ на базе ИТС сопряжен с рядом проблем, связанных с построением наиболее эффективной архитектуры, обеспечивающей надлежащий уровень производительности, масштабируемости и надежности системы. В широком смысле построение архитектуры сводится к выбору основных составляющих системы: базовой ГИС-технологии, средства хранения пространственных дан-



ных. В узком смысле – это применение наиболее эффективных архитектурных решений на каждом уровне проектируемой ГИС, где центральное место занимают средства веб-публикации.

Основой разработанной веб-ориентированной системы является многоуровневая архитектура с распределенной на две части (клиентская и серверная) бизнес-логикой. Оставаясь в рамках архитектуры системы, каждая часть имеет более сложную организацию и делится на несколько уровней. На рисунке 1 представлена архитектура веб-ориентированной геоинформационной системы дислокации и поддержки управления объектов транспортной инфраструктуры.

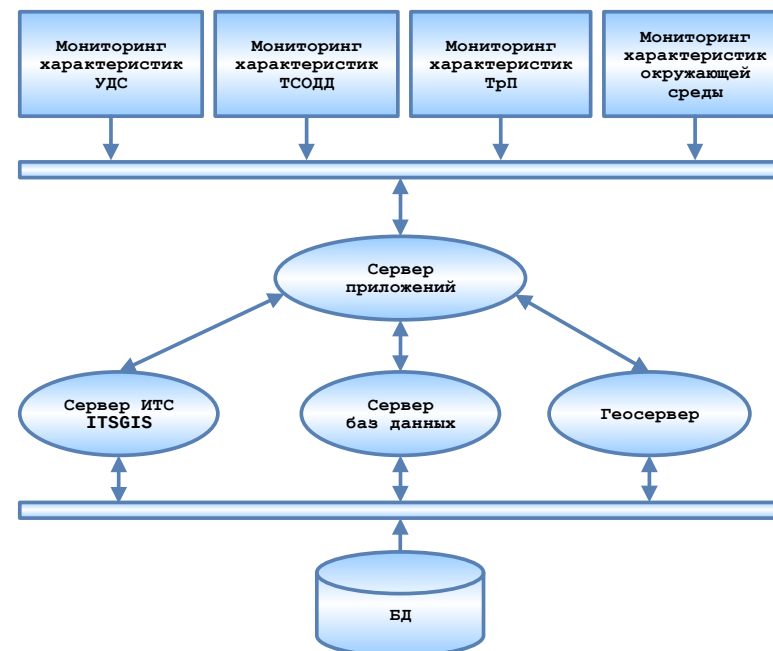


Рисунок 1 – Архитектура системы

Такой подход к организации структуры веб-ориентированной ГИС дислокации объектов ТрИ создает условия для обеспечения централизованной обработки, хранения и доставки пространственных данных через сеть Интернет для удаленных пользователей, решающих задачи справочно-информационного и аналитического обслуживания. Данное архитектурное решение обладает рядом преимуществ:

- выполнение независимо от операционной системы;
- возможность использования на мобильных устройствах;
- максимально быстрое распространение среди клиентов;
- минимальная аппаратная платформа;
- автоматическое обновление версий.



Серверная часть веб-ориентированной ГИС состоит из сервера приложений, сервера ИТС ITSGIS и геосервера. Сервер приложений отвечает за доставку пространственных данных, обработку пользовательских запросов и является связующим звеном между пользователями и сервером геоданных ITSGIS.

Сервер приложений принимает запросы на получение или обработку пространственной информации, выполняет необходимые вычисления и геозапросы к серверу ITSGIS, геосерверу, подготавливает ответ и отправляет его клиенту. Взаимодействие между клиентом и сервером осуществляется по сети с использованием протокола HTTP. Сервер приложения позволяет обрабатывать сразу несколько подключений, а при отсутствии связи с клиентом находится в режиме ожидания входящих подключений.

При организации взаимодействия сервера приложений и клиентской части в веб-ориентированной ГИС дислокации объектов ТрИ используется паттерн Model-View-Controller (MVC), который предназначен для разделения бизнес-логики и пользовательского интерфейса, что позволяет вносить изменения в отдельные части системы, не затрагивая другие. В веб-ориентированной ГИС дислокации объектов ТрИ объектами бизнес-логики являются объекты ТрИ (УДС, ТСОДД), в геопредставлении являющиеся точками, полигонами, линиями с привязанной к ним атрибутивной (семантической) информацией. На рисунке 2 представлена схема, отражающая структуру сервера приложений.

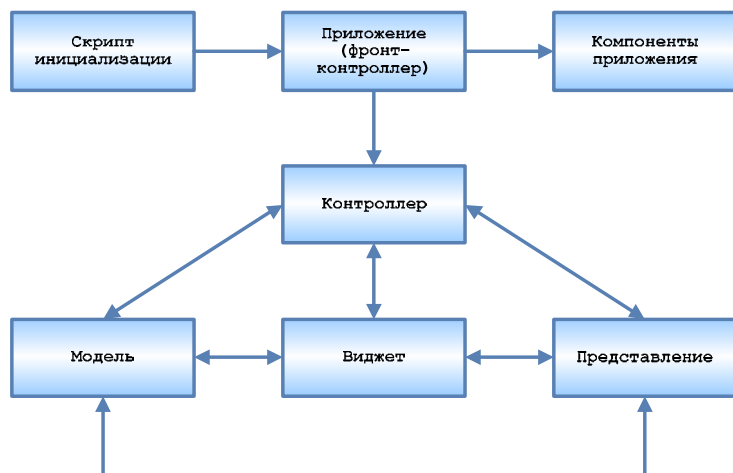


Рисунок 2 – Функциональная схема сервера приложений

В состав разработанной системы входит сервер баз данных, реализующий слой хранения и манипулирования данными. В системе организовано разграничение прав доступа пользователей на основе георолей: право просмотра/модификации информации определяются как с учетом слоя электронной карты, так и полигональной области на карте. Разграничение прав доступа при работе с геопорталом ITSGIS, реализовано на базе системы георолей ITSGIS.



Сервер ITSGIS предоставляет системе следующие функции:

- хранение составных частей (тайлов) электронной карты;
- выборка информации о требуемых геообъектах транспортной инфраструктуры и передачи (с предварительной сериализацией) их клиенту.

Геосервер предназначен для управления источниками данных ГИС и организации доступа к таким данным с помощью web-сервисов. В системе геосервер выполняет следующие функции:

- обработка запроса на получение тайлов с объектами соответствующего слоя;
- предоставление дополнительных сервисов для системы (получение глобальных координат точки на электронной карте).

Слои карты, с размещенными на них объектами транспортной инфраструктуры, формируются геосервером на лету по требованию пользователя и передаются тайлами. На рисунке 3 представлен интерфейс пользователя с электронной картой и доступными слоями.

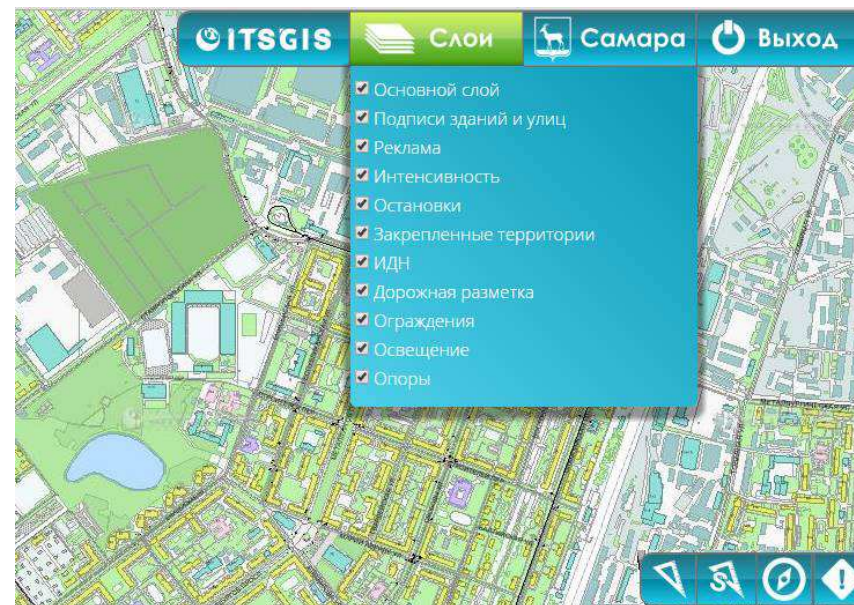


Рисунок 3 – Интерфейс пользователя

Логика работы клиентской части системы реализована на языке JavaScript с применением паттерна проектирования «Модуль». Паттерн «Модуль» осуществляет инкапсуляцию приватной информации, состояния или структуры за счет встроеного в JavaScript механизма замыкания. Реализация паттерна «Модуль» в системе позволяет оборачивать методы и переменные в программные конструкции особого вида, предотвращая попадание методов и переменных в глобальный контекст. Паттерн «Модуль» возвращает только общедоступную





часть через механизм API, оставляя внутреннюю реализацию доступной только в пределах модуля. Для решения задач отображения карты и геообъектов ТРИ используется библиотека OpenLayers.js, интегрированная в клиентское приложение и реализованная в виде компонента, управление которым осуществляется посредством API-интерфейса.

В клиентской части системы предусмотрен механизм взаимодействия между различными инструментами для работы с единой электронной картографической основой. В системе реализованы следующие инструменты: измерения расстояний и площадей, поиска по адресному плану объектов ТРИ, фильтрации объектов ТРИ по различным критериям, определения глобальных и местных координат, отправки сообщений об ошибках в геоданных, получения информации о выбранном на карте объекте.

В результате проделанной работы разработана концепция архитектуры веб-ориентированной системы поддержки принятия решений на основе паттернов, решена задача синтеза веб-ГИС на основе интеллектуальной транспортной системы ITSGIS.

#### Литература

1. Пуртов, А.М. Разработка геоинформационной системы для анализа автотранспортных сетей // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2013. – № 1(29). – С. 89–95.
2. Головин О.К., Михеева Т.И., Сидоров А.В. Автоматизированная система интеллектуальной поддержки принятия решений в распределенных средах // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2014. – Т. 18, № 5 (66). – С. 131–138.
3. Кудинов А.В. Геоинформационные технологии в задачах управления пространственными сетями // Геоинформатика-2000: труды международной научно-практической конференции. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2000. – С. 224–229.
4. Имамудинов А.Н. WEB-приложение поиска и визуализации пространственной информации «i-GIS» / IT & Транспорт: сб. науч. статей / под ред. Т.И. Михеевой. – Самара: Интелтранс, 2014. – 138 с.
5. Блискицкий, А.А. Концептуальное моделирование и проектирование ГИС // Информация и связь. – 2013. – № 2. – С. 43–45.
6. Михеева, Т.И. Построение математических моделей объектов улично-дорожной сети города с использованием геоинформационных технологий // Информационные технологии. – 2006. – №1. – С. 69–75.
7. Ибрагим, И.М. Принципы разработки специализированных объектно-ориентированных приложений // Системы управления и информационные технологии. – 2007. – Т. 27, № 1.1. – С. 155–159.



Т.И. Михеева, В.А. Ключников, С.В. Михеев, О.К. Головин

#### ПРИНЦИПЫ СЕТЕЦЕНТРИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМИ ПОТОКАМИ В ФОРМАЛИЗМЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

В связи с увеличением общего количества личного транспорта интенсивность транспортных потоков в мире растет, особенно в крупных городах. Появляются пробки, которые замедляют движение транспорта и увеличивают время передвижения. Поэтому возникает необходимость в моделировании и оптимизации алгоритмов управления движением.

Начиная с 1990-х годов в развитых странах (США, Западная Европа, Япония и др.) начали разрабатывать полностью автоматизированные системы дистанционного централизованного оперативного управления дорожным движением в режиме реального времени, получившие название интеллектуальные транспортные системы (ИТС).

Интеллектуальные транспортные системы (англ. Intelligent Transport Systems) – это системная интеграция современных информационных технологий и средств автоматизации с транспортной инфраструктурой, транспортными средствами и пользователями, направленная на повышение эффективности управления дорожным движением и обеспечение безопасности и комфортности для участников. ИТС – один из наиболее перспективных способов решения проблем дорожного движения [1].

Для решения задачи управления транспортными потоками предлагается разработка сетевцентрического подхода к созданию программного комплекса, функционирующего как p2p сеть взаимодействующих интеллектуальных систем (система систем) для согласованного управления транспортными потоками.

Сетевцентрический подход позволяет создавать «системы систем» (или «сети сетей») позволяет преодолеть фундаментальную проблему сложности решаемой задачи, решить которую в рамках одной «монолитной», централизованной, последовательной системы не представляется возможным. Ключевым принципом сетевцентрических систем, функционирующих в отсутствии выделенного центра, является принятие решений по принципу «as local as possible and as global as required» (локально настолько, насколько позволяет ситуация и глобально настолько, насколько требует ситуация).

В рамках сетевцентрического подхода рассматриваемая система должна изначально строиться как распределенная, открытая для наращивания и состоящая из автономных, но согласованно и координировано действующих интеллектуальных систем отдельных транспортных районов, которые в случае



необходимости могли бы взаимодействовать, выявлять конфликты и находить приемлемые компромиссы [2].

Управление, основанное на сетевом принципе, подразумевает построение зон управления, в которых происходит обмен информацией между управляющими центрами. Управляющие центры, расположенные в пределах зоны управления, могут получать данные о целях и действиях управляющих центров других зон, управлять транспортными потоками на перекрестках и перекрестках в пределах своей зоны управления (рисунок 1). Задача координированного управления – минимизация количества транспортных средств, вынужденных остановиться перед перекрестком.

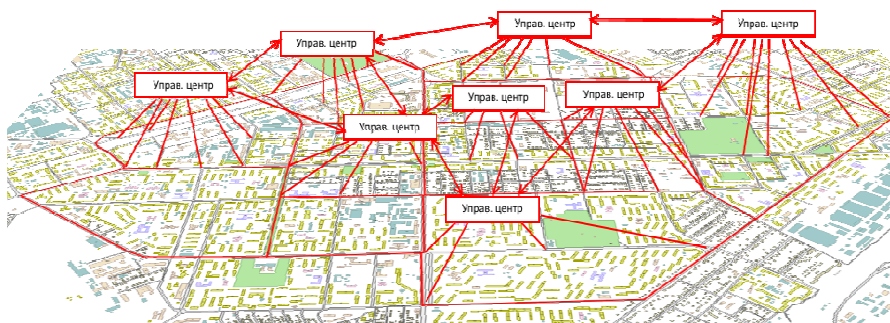


Рисунок 1 – Зоны управления транспортными потоками

Улично-дорожная сеть разделяется на кластеры узлов (перекрестков), которые становятся зонами управления для управляющих центров. Пусть  $\{S_1, \dots, S_n\}$  – векторное представление кластеризуемых узлов. Поскольку число кластеров для задачи анализа узлов улично-дорожной сети заранее неизвестно, то для проведения кластерного анализа выбираем иерархический агломеративный метод Уорда. Одно из его достоинств состоит в том, что при использовании этого метода отсутствует необходимость задания числа кластеров перед началом кластеризации. Метод является наилучшим по результатам экспериментального сравнения на представительном наборе модельных задач и дает возможность получения кластеров с минимальной внутрикластерной вариацией [3].

Сначала каждый объект считается отдельным кластером. Для одноэлементных кластеров естественным образом определяется функция расстояния:

$$R(\{x\}, \{x'\}) = \rho(x, x').$$

Затем запускается процесс слияний. На каждой итерации вместо пары самых близких кластеров  $U$  и  $V$  образуется новый кластер  $W = U \cup V$ . Расстояние от нового кластера  $W$  до любого другого кластера  $S$  вычисляется по расстояниям  $R(U, V)$ ,  $R(U, S)$  и  $R(V, S)$ , которые к этому моменту уже должны быть известны:



$$R(U \cup V, S) = \alpha_U R(U, S) + \alpha_V R(V, S) + \beta R(U, V) + \gamma [R(U, S) - R(V, S)].$$

Алгоритм кластеризации на основе иерархического агломеративного метода Уорда состоит из следующих шагов [4]:

1) Создать первичный набор кластеров, каждый из которых содержит один элемент набора кластеризации  $K_t = \{\{S_1\}, \dots, \{S_n\}\}$ ,  $t=1$ , где  $S_i$  – объект кластеризации,  $t$  – номер итерации.

2) Для всех  $t=2, \dots, n$ , где  $t$  – номер итерации:

3) найти в  $K_{t-1}$  два ближайших кластера  $U, V$   
 $(U, V) := \arg \min_{U \neq V} R(U, V)$ ,  $R_t = R(U, V)$ , где  $R(U, V)$  расстояние между кластерами  $U, V$ ;

4) изъять кластеры  $U$  и  $V$ ,

5) добавить слитый кластер  $W = U \cup V$ :  $K_t = K_{t-1} \cup \{W\} \setminus \{U, V\}$ ;

6) Для всех  $S_i \in K_t$  вычислить  $R(W, S) = \frac{|S||W|}{|S| + |W|} \rho^2 \left( \sum_{w \in W} \frac{w}{|W|}, \sum_{s \in S} \frac{s}{|S|} \right)$ .

В качестве функции расстояния для определения близости узлов графа улично-дорожной сети выбрана классическая евклидова метрика:

$$\rho(s, s') = \sqrt{\sum_{i=1}^n (s_i - s'_i)^2}.$$

Сетевая модель управления позволяет решать задачи, не решаемые в классических иерархических системах, существенно сокращает время принятия управленческих решений и повышает качество управления. Разработанный подход обеспечит интеллектуализацию процессов принятия решений для решения сложных задач управления транспортными потоками, повышения эффективности использования улично-дорожной сети, обеспечения безопасности движения.

### Литература

1. Паттерны проектирования сложноорганизованных систем / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головин, О.Н. Сапрыкин – Самара: Интелтранс, 2015. – 216 с.
2. Intelligent Transport Systems: Methods, Algorithms, Realization / T.I. Mikheeva, I.G. Bogdanova, A.A. Fedoseev, O.K. Golovnin, [et al]; under the editorship of T. Mikheeva. – Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 164 p.
3. Lam B. A new cluster validity index for data with merged clusters and different densities/ Lam B., Yan H. // Systems, Man and Cybernetics: IEEE International Conference. – 2005. – Vol. 1. – P. 798-803.
4. Михеева Т.И., Сапрыкина О.В. Кластеризация как инструмент анализа улично-дорожной сети мегаполиса // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 5. URL: [www.science-education.ru/119-14940](http://www.science-education.ru/119-14940).





5. Михеева Т.И., Сапрыкин О.Н. Идентификация зависимостей и пространственно-распределенных данных с использованием нейросетевых технологий // Вестник СамГТУ. Сер.: Технические науки. – 2007. – № 1(19) – С. 40–47.

6. Аверкин А.Н., Костюченко О.В., Титова Н.В. Многокритериальный анализ нечетких объектов с кластеризацией экспертных оценок // Нечеткие системы и мягкие вычисления. – 2007. – Т. 2; № 4. – С. 49-62.

7. Прозоров Д.Е., Романов С.В. Множественный доступ с псевдослучайным разделением времени в Manet-сетях с кластеризацией узлов // Телекоммуникации. – 2014. – № 3. – С. 14-17.

8. Иванов И.А. Генетический алгоритм для решения задачи совмещения маршрутов с предварительной кластеризацией точек отправления и назначения // Решетневские чтения. – 2013. – Т. 2; № 17. – С. 15-16.

Т.И. Михеева, А.А. Федосеев

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ИЗМЕНЕНИЙ КОНФИГУРАЦИИ ДОРОЖНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЁМКИ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Модернизация транспортной инфраструктуры является неотъемлемой частью экономического развития современного государства. Рост числа и протяжённости автомобильных дорог относится к ряду приоритетных мероприятий по модернизации федеральных и региональных транспортных систем. При этом, становится актуальной задача оперативного выявления и учёта изменений объектов сети автомобильных дорог, а также определения характеристик и состояния объектов транспортной инфраструктуры. Значительная площадь территории и большое число субъектов Российской Федерации диктуют необходимость разработки и внедрения подходов к решению указанных задач на основе использования материалов аэрокосмической съёмки (рисунок 1).

Согласно представленной схеме предусмотрена двухуровневая поддержка управления состоянием объектов дорожно-транспортной инфраструктуры на основе информации дистанционного зондирования Земли. Для поиска изменений конфигурации дорожной сети, реализуемого на макроуровне, используются спектральные снимки высокого пространственного разрешения с космических аппаратов типа «Ресурс-П», охватывающие значительные по площади участки земной поверхности. На локально-детальном уровне производится определение характеристик и состояния объектов транспортной инфраструктуры с использованием материалов гиперспектральной съёмки высокого пространственного



разрешения, полученных при помощи беспилотных летательных аппаратов. Результаты интерпретации получаемой информации на каждом из двух уровней заносятся в базу данных. При наличии изменений конфигурации дорожной сети, зафиксированных в результате сопоставления обработанных данных космической съёмки с содержащейся в базе данных информацией, производится актуализация соответствующих данных.



Рисунок 1. Схема поддержки управления состоянием объектов транспортной инфраструктуры на основе информации дистанционного зондирования Земли

Рассмотрим задачу поиска изменений конфигурации дорожной сети, реализуемую на макроуровне. Основу данной задачи составляет подзадача автоматизации процесса экстрагирования элементов сети автомобильных дорог [2].

Пусть на мультиспектральном снимке представлено множество элементов сети автомобильных дорог:  $\tilde{W}_n = \{\tilde{W}_{n1}, \dots, \tilde{W}_{nm}\}$ , где  $m$  – число элементов сети автомобильных дорог.

Каждый из элементов  $\tilde{W}_{ni} \in \tilde{W}_n$  может быть охарактеризован следующими признаками:  $\tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}} = \{\tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^s, \tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^g, \tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^d\}$ , где  $\tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^s$  – набор спектральных признаков элемента  $\tilde{W}_{ni}$ ,  $\tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^g$  – набор геометрических признаков элемента  $\tilde{W}_{ni}$ ,  $\tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^d$  – набор описательных признаков элемента  $\tilde{W}_{ni}$ .

В отличие от задачи определения характеристик объектов дорожно-транспортной инфраструктуры на основе применения гиперспектральных снимков, где достаточно иметь только набор признаков  $\tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^s$  для экстрагирования сети автомобильных дорог по космоснимкам высокого пространственного разрешения требуется анализ триады  $\{\tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^s, \tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^g, \tilde{F}_{\tilde{W}_{ni}}^d\}$ . Это



объясняется тем, что такие изображения содержат, как правило, ограниченное пространство спектральных признаков. Следовательно, спектральный образ элементов дорожной сети является весьма схожим со спектральным образом ряда других объектов искусственного происхождения, присутствующих в рассматриваемой сцене. Таким образом, данная задача предполагает проведение так называемого объектно-ориентированного анализа снимков [3]. Такой подход позволяет объединять спектральные свойства мультиспектральных изображений с пространственной информацией панхроматических снимков для повышения эффективности экстрагирования основных дорог урбанизированной территории.

Схема предлагаемой технологии представлена на рисунке 2. В качестве исходных данных используется пара комплектов разновременных снимков с космической системы «Ресурс-П», каждый из которых представлен одним панхроматическим (пространственное разрешение 0,7 м) и четырьмя мультиспектральными каналами (синий, зелёный, красный и ближний инфракрасный (ИК), пространственное разрешение 2,1 м). Технология обработки идентична для каждого из комплектов снимков. Сначала производится комплексирование мультиспектрального изображения с панхроматическим. Результирующее изображение представлено в четырёх каналах и имеет пространственное разрешение, соответствующее панхроматическому.

Для предварительного выделения всех возможных объектов, потенциально принадлежащих к классу дорог, производится классификация комплексированного изображения. В качестве инструмента классификации предлагается метод кластеризации k-means, относящийся к категории методов интеллектуального анализа данных [6, 7]. Данный метод хорошо себя зарекомендовал в задаче классификации разнородных объектов на мультиспектральных изображениях [1]. В ходе анализа на данном этапе оператор объединяет множество полученных кластеров в один класс дорог. Стоит отметить, что результаты обработки на данном этапе содержат множество ошибок вследствие наличия в рассматриваемой сцене объектов, которым присущи схожие с дорогами спектральные характеристики.

На этапе выделения контуров на панхроматическом изображении используется один из свёрточных фильтров (фильтры Собеля, Роберта или Кэнни) [4]. При этом, производится настройка оптимальных параметров соответствующего фильтра. Далее следует несколько этапов, направленных на извлечение всех оставшихся пространственных признаков объектов интереса путём исключения элементов, не относящихся к дорогам. Как было указано выше, на классифицированном ранее изображении имеет место наличие объектов, не принадлежащих дорогам. При этом, часть таких объектов связаны с элементами дороги, часть объектов изолирована. Задача исключения изолированных объектов не представляет сложности. Однако исключение связанных с дорогами объектов может повредить структуру выделенной дорожной сети. Для решения данной проблемы используются ранее



выделенные на панхроматическом изображении контуры, позволяющие отделить от дороги лишние объекты. Следующий этап обработки предполагает маркировку объектов по критерию количества связанных в один элемент пикселей. Устанавливается пороговое значение количества пикселей (например, 200), ниже которого объекты исключаются из дальнейшего рассмотрения. Стоит отметить, что проблема ошибочной классификации особенно актуальна для урбанизированных территорий, где имеют место значительные по площади парковочные площадки и большие здания. Размер таких объектов зачастую превышает размер элементов сети автомобильных дорог, а использование описанных выше подходов может оказаться малоэффективным. Для решения проблемы предлагается применение подхода, описанного в [5], на основе текстурного детектора, рассчитывающего значения пикселей в четырёх направлениях вдоль центральных линий в пределах окна фиксированного размера, например, 7×7.

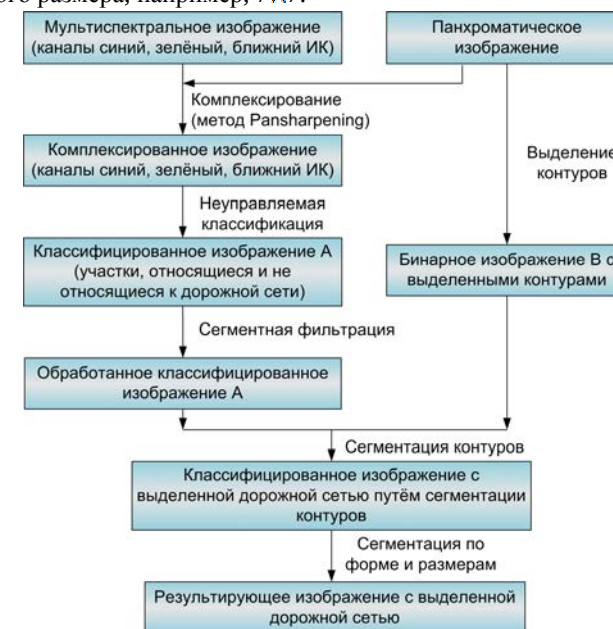


Рисунок 2. Технология автоматизированного распознавания элементов сети автомобильных дорог

Учитывая, что задача идентификации изменений конфигурации дорожной сети на макроуровне не предполагает определение значений ширины дороги, для записи в базу данных используются осевые линии экстрагированной сети дорог. Для получения осевых линий используется алгоритм скелетизации, основанный на определении и соединении множества всех центров, вписанных в фигуру дороги максимальных окружностей.



### Литература

- 1 Csatho, J.F. Multi-sensor data fusion for automatic scene interpretation / J.F. Csatho, A.F. Schenk // International archives of photogrammetry and remote sensing. – 1998. – Vol. 7. – Pp. 336–341.
- 2 Gao, J. Automatic extraction of road networks in urban areas from Ikonos imagery based on spatial reasoning [электронный ресурс] / J. Gao, L. Wu. – Режим доступа: <http://www.isprs.org/proceedings/XXXV/congress/comm3/papers/290.pdf>.
- 3 Change detection from remotely sensed images: From pixel-based to object-based approaches / M. Hussain [et al.] // ISPRS Journal of photogrammetry and remote sensing. – 2013. – Vol. 80. – Pp. 81–106.
- 4 Shrivakshan, G. A comparison of various edge detection techniques used in image processing / G. Shrivakshan, C. Chandrasekar // International journal of computer science issues. – 2012. – Vol. 9, Issue 5, No. 1. – Pp. 269 – 276.
- 5 Zhang, Y. Texture-Integrated classification of urban treed areas in high-resolution color-infrared imagery // Photogrammetric engineering and remote sensing. – 2001. – Vol. 67. – Pp. 1359 – 1365.
- 6 Михеева, Т.И. Data Mining в геоинформационных технологиях // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки». – 2006. – №41. – С. 96-99.
- 7 Федосеев, А.А. Кластеризация гиперспектральных данных мониторинга объектов транспортной инфраструктуры / Т.И. Михеева, А.А. Федосеев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т.16, №4(2). – С. 404–408.
- 8 Михеева Т.И., Золотовицкий А.В. Применение теории графов в задачах управления дорожным движением // Актуальные проблемы радиоэлектроники. Сер. «Вестник СГАУ». – Самара, 2003. – С. 20-24.

А.А. Осьмушин, Т.И. Михеева, О.Н. Сапрыкин

### МНОГОАГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ В УСЛОВИЯХ НЕШТАТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Задача восстановления улично-дорожной сети (УДС) после нештатных изменений (инцидентов) актуальна в связи со значительным ростом количества транспортных средств и существенным увеличением транспортных задержек [1].

При возникновении нештатного изменения необходимо выявление его характеристик с целью принятия решения о мерах реагирования. К таким мерам относятся адаптивное управление транспортными потоками в области влияния инцидента, оптимизация порядка устранения инцидентов, информирование ответственных дорожных служб и водителей транспортных средств.

Одной из задач восстановления сети от нештатных изменений является определение области влияния инцидента, т.е. подграфа УДС, на котором



инцидент вызывает существенный рост транспортных задержек. Адаптивное перераспределение транспортных потоков требуется только в области влияния нештатных изменений. Применение адаптивного управления не только в области влияния приведёт к перегрузке водителей транспортных средств управляющими воздействиями, изменяющимися при малейших изменениях транспортной сети.

В основе метода определения областей влияния нештатных изменений лежит сбор и обработка статистических данных, полученных в процессе моделирования транспортных потоков города. Средством моделирования, используемым в работе, является многоагентная система моделирования транспортных потоков *MATSim* [2].

Перечень исходных данных, необходимых для моделирования:

- граф УДС населённого пункта;
- перечень точек тяготения, характеризующих места приложения труда, культурно-бытовые объекты и т.п.;
- адресный план города с количеством жителей в каждом здании;
- цепи корреспонденций для каждого агента, имитирующего реального водителя транспортного средства.

Граф УДС населённого пункта и множество точек тяготения для г. Самара экстрагируется из открытой картографической системы *OpenStreetMap* [3] с помощью следующего алгоритма:

1. Экспорт данных с сайта *openstreetmap.org*. Выборка данных ограничивается интервалом координат 53,1237 - 53,2829 северной широты и 50,0674 - 50,4224 восточной долготы в системе координат WGS84. Рассматриваемые границы города показаны на рисунке 1. Данные экстрагируются в формате *OSM XML*. Файл данных содержит набор точек, дуг и полигонов. Каждый объект, описанный в файле данных, является точкой, дугой или полигоном. В качестве атрибутов используются координаты и дополнительные характеристики, позволяющие сортировать объекты по типу (фрагмент УДС, здание, остановка общественного транспорта, организация и т.п.) и получать дополнительные данные об объектах (количество полос на проезжей части, максимальная разрешённая скорость движения, пропускная способность, название и тип организации и т.п.).

2. Выборка из полученного файла *OSM* данных, характеризующих УДС. На этом этапе отбираются только те объекты, которые несут информацию о графе УДС – дуги и узлы, а также их атрибутивные данные. Объекты в файле *OSM* хранятся с использованием сферической системы координат WGS84. Требуемая для моделирования движения в г. Самаре система координат – плоская система координат EPSG:2651 (Пулково-95, 3-градусная зона 17). Преобразование координат осуществляется разработанным в среде *Eclipse* программным модулем, основанным на базе модуля *NetworkEditor* свободно распространяемого пакета моделирования транспортных потоков *MATSim*. Визуализация полученной модели УДС города Самара в виде карты представлена на рисунке 2.



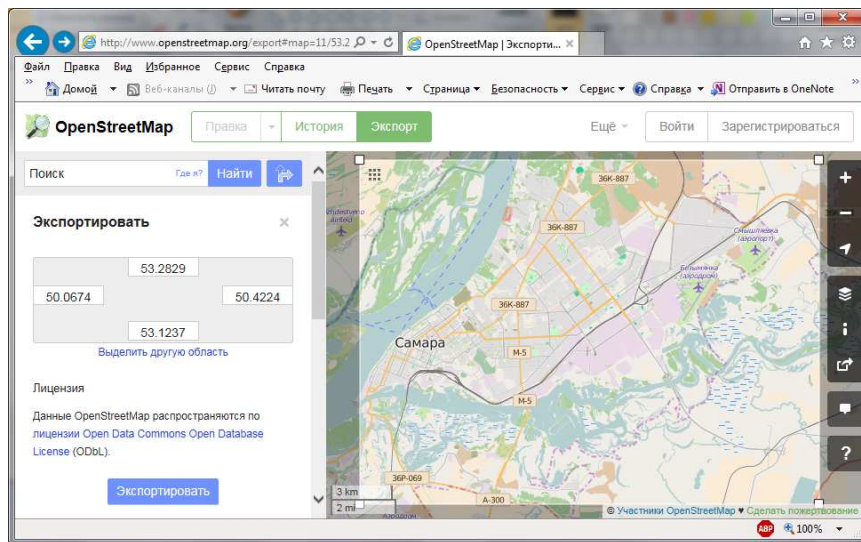


Рисунок 1. Карта OpenStreetMap.  
Территория города Самара, рассматриваемая в работе

Множество точек тяготения для Самары импортируется только в границах территории, показанной на рисунке 1. Это обусловлено пренебрежительно малым количеством точек тяготения за её пределами. Источник данных о точках тяготения – описанный ранее исходный файл в формате *OSM XML*. Для выявления точек тяготения сначала производится преобразование путей и отношений, хранящихся в *OSM*, в точечные объекты с координатами центра исходных объектов. Данное преобразование производится с помощью программного модуля *osmconvert*. Строка запуска программного модуля *osmconvert*: `osmconvert samara.osm --all-to-nodes -o=samara_nodes.osm`. Фильтрация и преобразование полученных точек производится в 3 этапа. На первом этапе используется программный модуль *osmfilter*: `osmfilter samara_nodes.osm --keep-nodes="office=* || shop=* || amenity=* || leisure=* || tourism=* || landuse=industrial || landuse=farm || landuse=farmland" -o=samara_org.osm`. На втором этапе производится преобразование сферических координат в плоские аналогично преобразованию координат фрагментов УДС. Данное преобразование осуществляется разработанным программным модулем *orgCRStransformer* в среде *Eclipse*. Третий этап производится разработанным программным модулем *TransformOrganizations* в среде *VisualStudio*. Задачей данного модуля является отсеечение точек, не являющихся точками тяготения и разбиение оставшихся точек на четыре класса – места работы, образовательные учреждения, рекреационные объекты, объекты обслуживания [4].



Рисунок 2. Модель УДС города Самара

Адресный план в виде перечня жилых строений с количеством жителей принимается в формате *MapInfo*. Жилые строения рассматриваются в том числе на смежных территориях, т.к. трудовые корреспонденции со смежных территорий значительны.

Перед запуском моделирования синтезируется множество агентов  $A = \{a_i\}, i = \overline{1, N}$ , где  $N$  приближено к количеству реальных транспортных средств, осуществляющих перемещения по рассматриваемой территории в течение дня.

Каждый синтезированный агент  $a_i$  обладает информацией о координатах места жительства  $p_i^H = (x_i^H, y_i^H)$ , координатах  $p_{ij}^G = (x_{ij}^G, y_{ij}^G)$  и времени  $t_{ij}^G$  посещения точек тяготения [5].

Моделирование движения для сбора статистических данных проводится в 2 этапа:

1. выполнение большого количества итераций (50-1000) с задействованными алгоритмами выбора и корректировки планов на исходном графе УДС с



целью сбора данных об интенсивностях и времени проезда по всем дугам при штатно функционирующей сети;

2. выполнение одной итерации как на исходном графе УДС, так и на изменённом графе УДС с запретом всех алгоритмов выбора и корректировки планов, на основе выходных планов агентов одной из итераций 1 этапа.

При выполнении первого этапа моделирования формируется множество квазиоптимальных распределений транспортных потоков по сети. Близость таких распределений к реальному распределению транспортных потоков по УДС города обеспечивается за счёт использования первого принципа Вардроп[6].

Существование множества квазиоптимальных распределений транспортных потоков выражается отсутствием сходимости результатов первого этапа в разных итерациях к одному варианту распределения при сходимости функции средней цены проезда агентов от номера итерации. В связи с этим второй этап повторяется  $n$  раз, где  $n$  - количество рассматриваемых итераций из первого этапа. На втором этапе моделирования выявляются изменения в распределении транспортных потоков при возникновении нештатного изменения на сети.

На основе результатов  $n$ -кратного проведения 2-го этапа моделирования собираются данные, характеризующие почасовые интенсивности на всех дугах графа УДС и среднечасовое время проезда каждой дуги. На рисунке 3 представлено распределение времени проезда при штатном функционировании сети на случайно выбранных 26 дугах в среде *RStudio*. На рисунке 4 приведено распределение времени проезда по тем же дугам при нештатном изменении. Видно, что инцидент вызывает увеличение времени проезда по 18-й дуге и увеличивает интерквартильный разброс распределения данного времени.

На основе полученных данных вычисляется транспортная задержка на каждой дуге графа УДС:  $T_i = t_i^{MU} - t_i^{MB}$ ,  $i = 1, N$ , где  $N$  – количество дуг графа УДС,  $t_i^{MB}$  - медиана времени проезда по  $i$ -той дуге при штатном функционировании графа,  $t_i^{MU}$  - медиана времени проезда по дуге при нештатном изменении. Найденные транспортные задержки являются основным параметром, учитываемым при кластеризации дуг графа УДС  $G$  с целью выявления области влияния нештатного изменения.

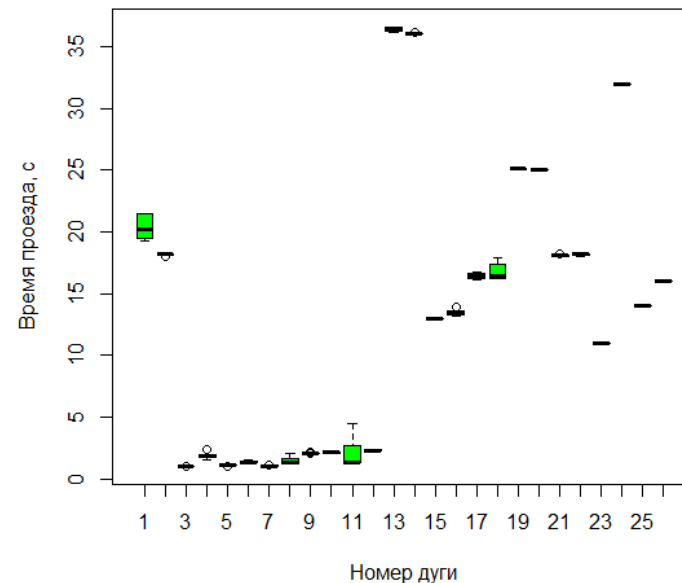


Рисунок 3. Распределение времени проезда по дугам при штатном функционировании сети

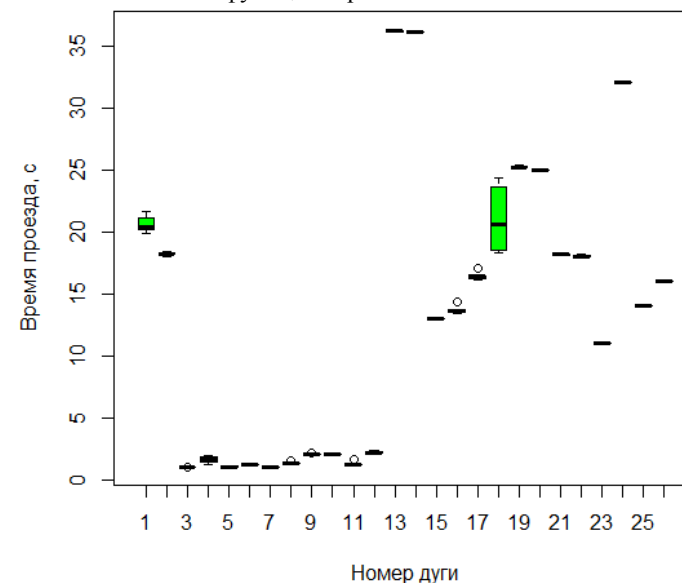


Рисунок 4. Распределение времени проезда по дугам при нештатном изменении



### Литература

1. Михеева, Т.И. Управление транспортной инфраструктурой / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.Н. Сапрыкин - Самара: Интелтранс, 2015. – 173 с.
2. MATSim | Multi-Agent Transport Simulation [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.matsim.org/>.
3. OpenStreetMap [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.openstreetmap.org/>.
4. Сапрыкина О.В. Алгоритм выявления точек сгущения транспортных потоков на улично-дорожной сети в ГИС / О.В. Сапрыкина, О.Н. Сапрыкин // Самара: IT & Транспорт. 2014. – С. 122-125.
5. Сапрыкина О.В. Метод построения цепей корреспонденций для прогноза интенсивности транспортных потоков / О.В. Сапрыкина, О.Н. Сапрыкин, А.А. Осьмушин // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015) Том2: труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2015. – С. 107–110.
6. Wardrop, J. Some theoretical aspects of road traffic research / J. Wardrop // Proceedings of the Institute of Engineers, 1952. – Pp. 325-359.
7. Шмойлова Р.А. Практикум по теории статистики / Р.А. Шмойлова, В.Г. Минашкин, Н.А. Садовникова. - М.: Финансы и статистика, 2011. - 416 с.

И.А.Подъячев, Р.Ф.Маликов

### ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ В СРЕДЕ ANYLOGIC

(Башкирский государственный педагогический  
университет им. М.Акумлы)

Транспортные потоки важная часть функционирования любого города, в связи с постоянным ростом количества машин проблемы оптимизации движения автомобилей на дорогах с развязками с каждым годом встают все острее и острее. Создание имитационных моделей наиболее «проблемных» дорожных участков и развязок (регулирование сложных перекрестков, анализ потока на дорожных сетях и кольцевых развязках, заторы на узких дорожных участках) должно помочь выявить оптимальные и дешевые пути решения транспортных проблем [1-5].

Для разработки научно-исследовательских имитационных моделей мы использовали среду моделирования Anylogic 7.3.1, основанной на объектно-ориентированной концепции. Данная версия среды AnyLogic имеет множество преимуществ: высокая производительность при разработке программ, широкий набор функциональных возможностей среды и языка программирования, анимационные возможности и др.



Для моделирования транспортных потоков мы использовали библиотеку дорожного движения, которая поддерживает дискретно-событийный подход моделирования. С помощью библиотеки дорожного движения в новой версии можно построить любые сложные улично-дорожные сети (УДС) и развязки, с учетом добавления парковки, автобусов и светофоров.

Нами построена имитационная модель улично-дорожной сети ул. З.Валиди для учебных целей, максимально приближенная к реальной системе, которая позволяет решать задачи по изучению формирования пробок при движении транспортного потока и на данной модели проведены предварительные исследования по оптимизации потока.

На рисунке 1 представлена модель участка улично-дорожной сети г.Уфы, построенная с помощью среды моделирования AnyLogic.

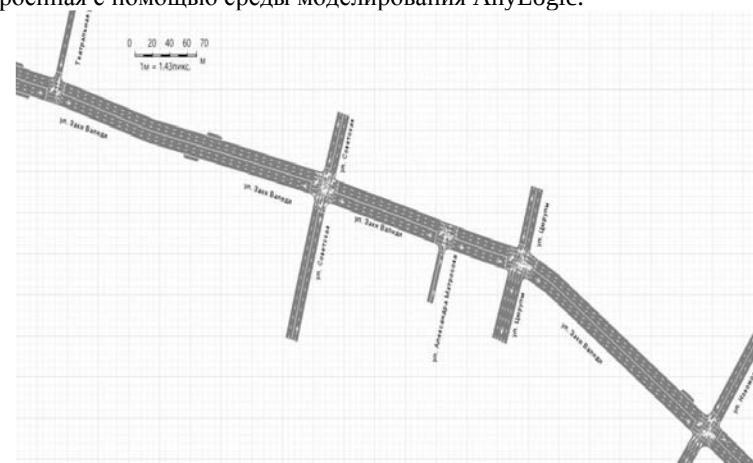


Рисунок 1. Имитационная модель участка дороги ул. З.Валиди, одного из проблемных участков в пиковые время суток в г. Уфе

Дорога построена на основе библиотеки дорожного движения. Потокоточная диаграмма, показанная на рисунке 2, отвечает за движение машин.

Рассмотрим некоторые элементы данной диаграммы:

- carSource – создает автомобили и пытается поместить их в указанное место дорожной сети.
- carDispose - удаляет машины из модели.
- selectOutput – объект направляет входящих агентов в один из двух выходных портов в зависимости от выполнения заданного (детерминистического или заданного с помощью вероятностей) условия. Условие может зависеть как от агента, так и от каких-то внешних факторов.
- carMoveTo – блок, который управляет движением автомобиля. Автомобиль может ехать, только когда он находится в блоке **CarMoveTo**. Автомобиль





пытается рассчитать путь от своего текущего места до указанного места назначения, когда поступает в блок **CarMoveTo**.

- trafficLight – моделирует *светофор* - оптическое устройство, предназначенное для регулирования движения на автомобильных, пешеходных перекрестках, а также других сложно контролируемых участках дорожного движения.

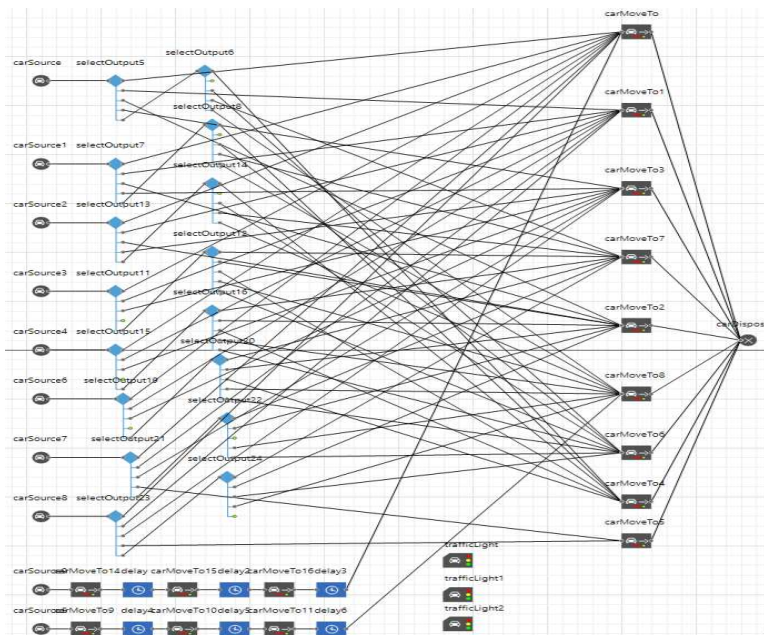


Рисунок 2. Потокная диаграмма улично-дорожной сети

На рисунке 3 представлен один вариант образования «пробок» в пиковые часы на участке улично-дорожной сети ул. З.Валиди г.Уфы на имитационной модели.

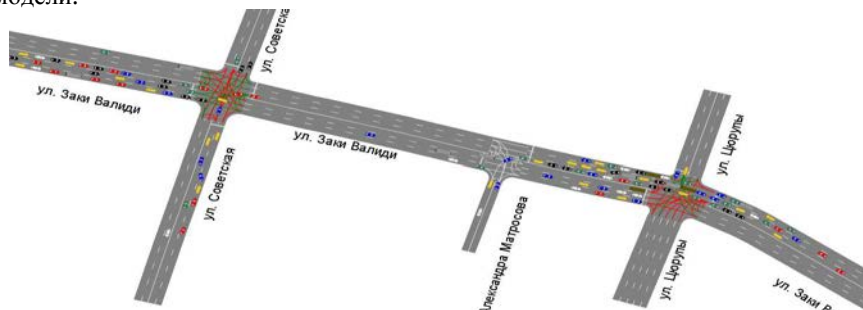


Рисунок 3. Возникновение пробок на имитационной модели УДС



Проведенные имитационные исследования на моделях УДС, построенных на последней версии AnyLogic 7.3.1 показали, что эта среда моделирования позволяет строить модели максимально приближенные к реальной ситуации и оперативно решать задачи возникновения пробок и их устранения на улично-дорожных сетях.

### Литература

1. Холодов Я.А. Моделирование транспортных потоков - актуальные проблемы и перспективы их решения [Электронный ресурс] // Я.А.Холодов, А.С.Холодов, А.В.Гасников, И.И.Морозов, В.Н. Тарасов. Труды, 2010. – Т.2. – №4. – С.153. – Режим доступа: [http://mipt.fizteh.ru/science/trudy/4\\_8/Pages\\_152-162\\_from\\_Trud-8-16-arphcx11tgs.pdf](http://mipt.fizteh.ru/science/trudy/4_8/Pages_152-162_from_Trud-8-16-arphcx11tgs.pdf) (доступ свободный).
2. Трунин В. В. Компьютерное имитационное моделирование как способ решения транспортных проблем в городах [Текст] // В.В. Трунин, А. Н. Романов. Молодой ученый, 2011. - Т. 3. - №.4. - С.133-136.
3. Швецов В. И. Проблемы моделирования передвижений в транспортных сетях [Электронный ресурс]//Труды. –2010. – Т.2. – №.4. – С. 169. – Режим доступа: [https://mipt.ru/upload/3e6/Pages\\_169-179\\_from\\_Trud-8-18-arphcx11tgs.pdf](https://mipt.ru/upload/3e6/Pages_169-179_from_Trud-8-18-arphcx11tgs.pdf) (доступ свободный).
4. Маликов Р.Ф. Практикум по имитационному моделированию сложных систем в среде AnyLogic 6 [Текст]/Р.Ф.Маликов. – Уфа: Изд-во БГПУ, 2013. – 296с. [Электронный ресурс] <http://www.anylogic.ru/books>(доступ свободный).
6. Перспективные информационные технологии (ПИТ 2013, ПИТ 2014, ПИТ 2015): труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2013-2015.

С.С. Рябов

### ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ОФОРМЛЕНИИ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ

(Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики)

В настоящее время существует множество процессов, которые не используют современные ИТ возможности. Одним из таких процессов является процесс оформления дорожно-транспортных происшествий (ДТП). При возникновении ДТП у водителей есть несколько вариантов:

- Вызвать инспектора ГИБДД, который оформит ДТП;
- Оформить происшествие самостоятельно по европротоколу[1].

На данный момент тенденция такова, что водители прибегают к первому варианту. Согласно статистике страховщиков лишь 3% автомобилистов [2] решились воспользоваться, казалось бы, наиболее оперативным вариантом.



Отсутствие популярности европротокола в России активно обсуждается на уровне пресс-конференции в «Российской газете»[3].

Проанализировав данную проблему, выявлено, что она состоит из нескольких подпроблем:

- Отказ страховых компаний выплачивать компенсацию [3], что подрывает доверие автолюбителей;
- Незнание порядка оформления и допущение различного рода ошибок[4];
- Неумение оценить величину ущерба [3,4];
- Отсутствие бумажного экземпляра европротокола;
- Отсутствие средств фиксации обстоятельств ДТП;
- Необходимость отвезти собранные материалы в страховую компанию.

Множество этих проблем можно решить с помощью клиент-серверного приложения. Наглядно архитектура данного приложения представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 - Архитектура клиент-серверного приложения для оформления ДТП

Архитектура, представленная на рисунке 1, учитывает особенности европротокола, который позволяет оформлять ДТП только для двух транспортных средств. А применение сервисного подхода позволяет добиться масштабирования и добавления новых функциональных возможностей при развитии системы.

В результате анализа европротокола и проектирования системы выделены сущности, позволяющие хранить все необходимые данные. Одна из этих сущностей хранит общие данные дорожно-транспортного происшествия, включая геолокационное положение. Это позволяет накапливать схемы ДТП с привязкой к местности, что в свою очередь даёт возможность системе предлагать пользователю схемы ДТП характерные для локации, в которой он находится.

Для оформления ДТП предлагается разработать мобильное приложение для смартфонов и планшетов со следующими возможностями:

- 1) Возможность пошагового оформления с использованием подсказок;
- 2) Возможность заранее внести свои данные в систему, что позволит оперативно оформить ДТП;



3) Возможность выбора схемы происшествия из множества вариантов, которые характерны для геолокации, с последующим редактированием;

4) Возможность производить фото, видео и геолокационную регистрацию, используя возможности смартфона или планшета;

5) Возможность найти цены запчастей к своему автомобилю для оценки ущерба;

6) Возможность передать собранные данные в страховую компанию через интернет;

7) Возможность узнать о статусе заявки через личный кабинет.

В силу того, что в России и в мире ведущей платформой остаётся операционная система (ОС) Android - её использует 59% владельцев устройств [5,6], предлагается разработать в первую очередь приложение именно для этой ОС.

Согласно статистике опубликованной в газете Ведомости количество пользователей смартфонами в Москве составляет 50-60 процентов [7] и их количество активно растёт. Поскольку население Москвы составляет 12 млн [8], и согласно аналитическому агентству «Автостат» число транспортных средств насчитывается более 4 млн [9], то исходя из этих данных можно предположить, что около 50% автолюбителей смогут воспользоваться этим приложением при оформлении мелких ДТП, сократив время оформления до 30 минут. Как следствие частично решить проблему пробок.

### Литература

1. Российский союз автостраховщиков [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.autoins.ru/ru/Evro/uoDTP/>, свободный. — Загл. с экрана.
2. АвтоВзгляд [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.avtovzglyad.ru/obshestvo/strahovanie/2015-08-04-menshe-3-vseh-popavshih-v-avarii-v-moskve-voditelej-soglasilis-oformit-ih-po-evroprotokolu/>, свободный. — Загл. с экрана.
3. За рулём [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.zr.ru/content/articles/827227-pochemu-voditeli-ne-polzuyutsya-evroprotokolom/>, свободный. — Загл. с экрана.
4. Газета.ру [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.gazeta.ru/auto/2015/08/04\\_a\\_7668457.shtml](http://www.gazeta.ru/auto/2015/08/04_a_7668457.shtml), свободный. — Загл. с экрана.
5. <http://www.mate-expo.ru/ru> [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.mate-expo.ru/ru/article/chto-delaet-android-vedushchey-mobilnoy-os-v-mire>, свободный. — Загл. с экрана.
6. searchengines.ru [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.searchengines.ru/seoblog/criteo\\_rossiyskie\\_polz\\_15.html](http://www.searchengines.ru/seoblog/criteo_rossiyskie_polz_15.html), свободный. — Загл. с экрана.
7. Ведомости [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/newspaper/articles/2015/03/20/moskva-nasitilas-smartfonami>, свободный. — Загл. с экрана.



8. <http://www.statdata.ru/> [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.statdata.ru/naselenie-moskvy-po-okrugam-i-rajonam>, свободный. — Загл. с экрана.

9. Autonews.ru [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://www.autonews.ru/automarket\\_news/news/1794753/](http://www.autonews.ru/automarket_news/news/1794753/), свободный. — Загл. с экрана.

Д.А. Селеменев

## РАЗРАБОТКА КОМПАКТНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ ГОРОДА «SAFECAR»

(Поволжский государственный университет телекоммуникаций  
и информатики)

В наши дни обычное транспортное средство уже не обеспечивает горожанину необходимую мобильность и скорость передвижения. Бесконечные пробки и поиск места на парковке вынуждают многих выбирать альтернативные способы передвижения. Молодежь все больше предпочитает скутеры, компактные транспортные средства, вело транспорт.

Из-за загруженности дорог, изобретатели и инженеры пытаются решить данную задачу и создать максимально компактные, экологические, безопасные и удобные транспортные средства (ТС). Специально для этого автором был разработан опытный образец «Safecar» [1] – компактное и маневренное транспортное средство для одного, двух или трех человек, в зависимости от комплектации, призванное разгрузить городские дороги. Компактный автомобиль станет королем дороги: он легко просочится между другими ТС в пробке, удобно припаркуется, позволит городу не сносить придорожные дома, чтобы расширить проспекты. Модель описанного ТС приведена на рисунке 1.

На сегодняшний день создано многообразие концептов компактных транспортных средств и изобретений, но, как правило, они не запускаются в серийное производство. И связано это с тем, что у них технологические и эксплуатационные характеристики не соответствуют требованию времени и научному подходу, а также цена на транспортное средство для потребителя остается высокой. Поэтому предлагается экономичное, экологически чистое, безопасное ТС, которое решит многие проблемы быстрого и безопасного перемещения людей по городу.

В статье рассматривается концепт, претендующий на то, что его основные показатели, такие как безопасность движения, при прохождении поворотов, маневренность, безопасность при столкновениях, простота эксплуатации, низкая себестоимость, экономичность превосходят все предложенные ранее аналогичные транспортные средства, которые были выявлены автором в процессе работы над проектом ТС.



Рис.1 Модель транспортного средства «Safecar».

С состав модели входит скутер, четыре дополнительных колеса (по два с лева и права от основания), кузов с сидением и панель управления.

Схема ТС представлена на рисунке 2 и работает по принципу двух связанных определенным образом систем: первая система это чистое одноколейное транспортное средство, имеющее собственную массу порядка 70% от общей массы ТС, остальные 30 % (15%+15%) приходятся на боковую (левостороннюю и правостороннюю буферную) систему. Буферная система определяет собственно поперечный размер ТС и представляет собой двухколейную транспортную систему с самоориентирующимися колесами. Она не несет на себе основную массу ТС, но может дополнительно нагружать первую систему.

Взаимное центрирование двух систем осуществляется за счет горизонтального шарнира (Носев.), причем первая система (в чистом виде одноколейное ТС) совершает наклоны по принципу обратного маятника, где осью является точка контакта колеса с дорогой, а помогает этому буферная поддерживающая система имеющая связь в виде тяги с рулевым механизмом ОТС. По сути, частью рулевого механизма является передняя вилка с рулем и установленным на нем с определенным выносом шарниром связанным тягой с буферной системой. Буферная система имеет в своем составе самоустанавливающиеся колеса, которые отклоняются в определенной пропорции от угла наклона кузова и высоты расположения горизонтального шарнира.

Для большинства ТС характерен такой показатель, как устойчивость. Улучшить этот показатель можно путем добавления дополнительных боковых буферов, которые путем наклона кузова уменьшат угол поворота до меньших величин, но это не повлияет на скорость поворота.



В принципе все трехколесные и одноколейные ТС без гироскопов стабилизации устойчивости имеют зависимость по углу наклона кузова, который обеспечивает комфортное и безопасное прохождение поворотов. Для четырех колесных ТС угол наклона кузова ориентировочно  $12^\circ \dots 18^\circ$ . Получается, что затраты на устойчивость четырехколесного ТС себя не оправдывают, так как мы можем получить такую же схему устойчивости, более дешевым способом.

Для уменьшения затрат на устойчивость ТС автором предлагается схема, приведенная на рисунке 2. Для этой схемы был проведен расчет необходимого угла наклона кузова предлагаемого ТС, при котором наблюдается устойчивость данного средства.

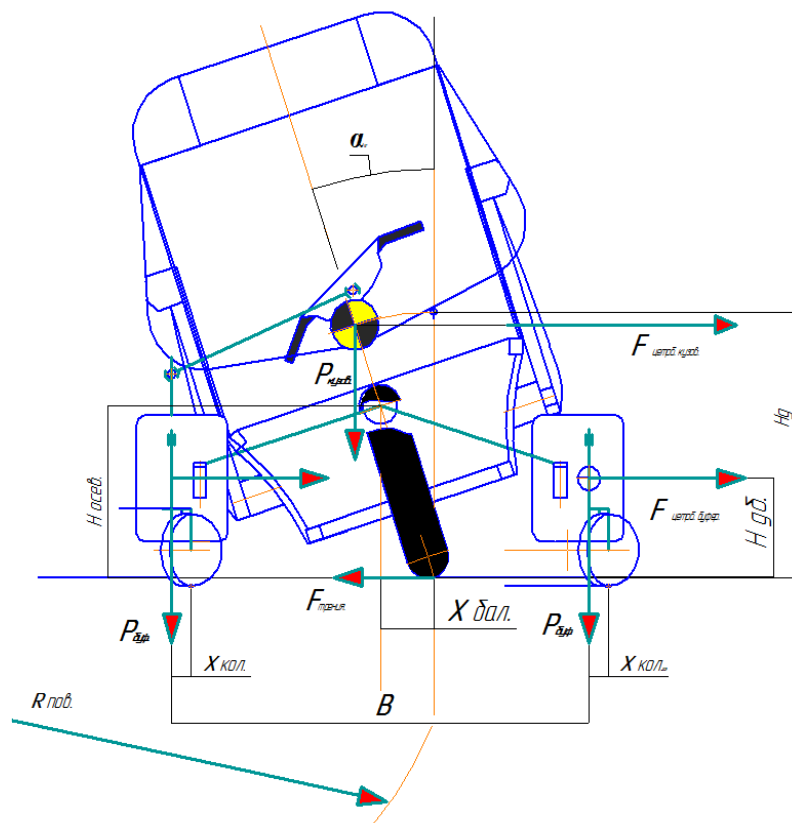


Рисунок 2. Расчетная схема концепта



Уравнение моментов (1) относительно точки контакта внешнего колеса буферной системы можно рассчитать по формуле:

$$\frac{m_k V^2}{R_{нов}} H_g \cos(\alpha) + \frac{m_b V_{n.b}^2 H_{bg}}{R_{нов} - 0,5B + X_{бал.}} + \frac{m_b V_{a.b}^2 H_{bg}}{R_{нов} + 0,5B - X_{бал.}} = m_k g (H_g \sin(\alpha) + B - X_{бал.}) + m_b g (B + X_{кол.}) \quad (1)$$

где  $m_k$  – масса кузова,  $m_b$  – масса буфера,  $V$  – скорость ТС,  $R_{нов.}$  – радиус поворота,  $H$  – высота ТС,  $H_{ab}$  – высота точки опоры колеса бокового буфера,  $\alpha$  – угол наклона кузова,  $B$  – ширина ТС,  $X_{бал.}$  – ширина поперечной балки,  $X_{кол.}$  – радиус колеса.

Приведенный расчет [2] показал, что проектируемое ТС будет обладать параметрами устойчивости и маневренности превосходящими существующие схемы ТС. По сравнению с обычным ТС мы имеем более комфортабельное ТС по его углу наклона не менее чем в пять раз ( $25^\circ/5^\circ=5$ ). Этот запас можно использовать для увеличения скорости или уменьшения радиуса поворота.

Выводы: предлагаемое транспортное средство, имея малые размеры и мобильность перемещения, будет экономичным и поможет уменьшить заторы на дорогах. Кроме того, оно будет выигрывать по экологичности по сравнению с другими транспортными средствами, так как на нем будет установлен двигатель от скутера, который выбрасывает меньше выхлопных газов в атмосферу. И, в заключение, оно обеспечит владельцу автомобиля должный комфорт и отличную безопасность.

### Литература

1. Сайт для общения творческих людей [электронный ресурс]: URL <http://samsud.ru/news/yunyi-uchenyi-iz-samary-predstavit-svoe-.html> (27.03.2015).
2. Селеменов, Д. А., Стефанова И. А. «Модель компактного транспортного средства». Сборник статей по материалам ЛП МНПК «Инновации в науке», №12(49) Часть 1, Новосибирск, Сибак, 2015, с. 69-77.

А.В. Сидоров, С.В. Михеев

### СИНТЕЗ СИСТЕМЫ СБОРА ИНФОРМАЦИИ О ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

В настоящее время прослеживается тенденция развития систем технического зрения и методов обработки изображений с использованием цифрового анализа. Цифровой анализ позволяет быстро обнаруживать, измерять и классифицировать объекты на видеокадре.

Обработка изображений может производиться в различных целях:





- изменение (искажение) изображения с целью достижения каких-либо эффектов (художественное улучшение);
- Image Processing – визуальное (заметное глазом) улучшение качества изображения (коррекция яркости и контраста, цветокоррекция и т.п.); объективное улучшение качества изображения (устранение искажений типа дисторсия, смаз, расфокусировка и т.п.);
- Image Analysis – проведение измерений на изображении (анализ интерферограмм, гартманограмм и т.п.);
- Image Understanding – распознавание образов (распознавание символов, отпечатков пальцев, лиц, приборы наведения и т.п.)

В последние годы в России уделяется большое внимание вопросам создания современных мобильных систем технического зрения. Однако в области создания систем автобезопасности имеет место отставание. Отечественные производители пока не освоили выпуск интеллектуальных систем анализа дорожной обстановки, включающих распознавание знаков, слежение за разметкой, распознавание пешеходов и др.

Серьезно данной проблемой занимаются зарубежные ученые и производители. Большинство автопроизводителей мирового уровня (Audi, BMW, Volvo, Opel и др.) уже имеют в продаже интеллектуальные системы автомобильной безопасности. Однако даже зарубежные системы использовать в России не всегда представляется возможным, так как они зачастую настроены на распознавание объектов транспортной инфраструктуры, применяемые в стране-разработчике.

Несмотря на серьезное продвижение мировых производителей в области создания интеллектуальных систем автобезопасности, что касается функции распознавания знаков, результаты пока еще остаются достаточно скромными. В частности, наиболее известные системы Mobileye или Speed Limit Assist могут распознавать лишь небольшой набор знаков ограничения скорости.

Задача обнаружения и различения объектов транспортной инфраструктуры заключается в выделении объекта на изображениях, полученных с монокулярной системы технического зрения (монокуляра), и его последующей классификации [1].

Обработанное изображение, содержащее объекты транспортной инфраструктуры, которые в дальнейшем можно дислоцировать как отдельный объект на электронную карту и решить следующие задачи [2]:

- диагностика автомобильных дорог – включает возможность формирования отчетных документов, построение линейных графиков, автоматизированную оценку транспортно-эксплуатационного состояния, планирование ремонтных работ и др;
- паспортизация и инвентаризация автомобильных дорог – автоматизированное формирование документов в соответствии с действующими нормативами и регламентами;



- видеопаспортизация автомобильных дорог – сбор и хранение достоверной и оперативной видеоинформации о состоянии сети дорог, с возможностью дальнейшего определения по кадру геометрических параметров автодорог, визуальной оценки состояния проезжей части и обочин, определения наличия и видов дефектов, контроля качества выполненных работ по содержанию, строительству и ремонту, оценки дорожных условий при ДТП, согласования мест размещения объектов дорожного сервиса и многое другое;
- разработка проектов организации дорожного движения – разработка проектов ТС ОДД, формирование всех необходимых отчетных документов, определение стоимости работ по нанесению линий разметки, установке знаков и т.п., разработка проектов знаков индивидуального проектирования и др;
- учет дорожно-транспортных происшествий – ведение архива ДТП, выявление мест концентрации ДТП («очагов аварийности»), их видов и степени опасности;
- управление состоянием сети подведомственных автомобильных дорог и искусственных сооружений – количественный и качественный учет объектов имущественного комплекса дорожной отрасли, просмотр табличных данных по различным характеристикам выбранных объектов, оценка технического уровня эксплуатационного состояния сети автомобильных дорог и искусственных сооружений.

Существующие системы проектирования, диагностики и управления состоянием автомобильных дорог и подготовки топографических планов (Титул-2005, IndorCAD, ГИС ПАНОРАМА) обладают рядом недостатков: высокая стоимость внедрения, длительные сроки внедрения, сложность поддержки, особенно для территориально распределенных организаций, где требуется учитывать специфику регионов, высокая стоимость аппаратной части, закрытость матмодели работы, что превращает системы в некий черный ящик.

Альтернативой сложившемуся рынку информационных систем может стать создание единой системы, построенной на основе автоматизированной системы обнаружения и различения объектов транспортной инфраструктуры и геоинформационной системы с привязкой к координатам Земли.

В связи с развитием и модернизацией дорожно-транспортной сети возникает острая необходимость в сборе и хранении больших объемов детальной информации об объектах транспортной инфраструктуры, таких как дорожное полотно, дорожные знаки, остановочные павильоны и т.д. Возникает необходимость разработки математической модели и программного комплекса по обработке изображений на базе эволюционных и нейровизуальных моделей [3,4].

Разрабатываемая система позволяет быстро получать точную информацию об объектах транспортной инфраструктуры, тратя при этом минимум денежных, временных и кадровых ресурсов. При этом обеспечивается хранение полученных данных, с возможностью их визуализации на электронной карте города и последующего доступа для редактирования и обработки. Из-за услож-



нения структуры и в целях обеспечения наивысшей безопасности дорожного движения, требуются решения некоторых задач, связанных с управлением транспортным потоком, таких как определение перепадов высот, определение расстояния видимости, определение радиусов закругления дороги и т.д. Ответы на такие задачи можно получить исходя из анализа пространственных данных дорожного полотна, который выполняет в автоматическом режиме разработанное программное обеспечение. Тем самым упрощается процесс принятия правильных решений в данных вопросах.

Потенциальными потребителями разрабатываемой системы должны выступить:

Территориальные органы управления дорог. Возможность формирования отчетных документов, построение линейных графиков, автоматизированную оценку транспортно-эксплуатационного состояния, планирование ремонтных работ федеральные органы управления дорог. Визуальной оценка состояния проезжей части и обочин, определения наличия и видов дефектов, контроля качества выполненных работ по содержанию, строительству и ремонту, оценки дорожных условий при ДТП, согласования мест размещения объектов дорожного сервиса.

Проектные организации. Автоматизированная разработка проектов организации дорожного движения, формирование всех необходимых отчетных документов, определение стоимости работ по нанесению линий разметки, установке знаков и т.п., разработка проектов знаков индивидуального проектирования и др.

Водители. Предполагается разработка интеллектуальной системы помощи водителю в соблюдении правил дорожного движения. При этом предполагается осуществлять помощь водителю в соблюдении скоростного режима, правилах парковки и стоянки, правилах проезда нерегулируемых перекрестков.

Таким образом, разрабатываемая система позволит существенно ускорить процесс сбора и обработки данных по объектам транспортной инфраструктуры с последующей визуализацией на электронной карте города. Собранные и обработанные данные позволят автоматизировать процесс инвентаризации автомобильных дорог и дорожных сооружений, которую необходимо проводить 1 раз в год, согласно постановлению Правительства Российской Федерации [5].

### Литература

1. Ruili Wang, Heather J. Ruskin Modeling traffic flow at a single-lane urban roundabout / Computer Physics Communications 147. – 2002. Pp. 570–576
2. Сидоров, А.В. Интеллектуальная дислокация дорожных знаков на электронной карте / Т.И. Михеева, С.В. Михеев, А.В. Сидоров // Мир дорог. 2013. Т. 2013. № 72. – С. 44.
3. Ivakhnenko, A.G., Ivakhnenko, G.A., Muller, J.A. Self-organization of neural networks with active neurons / Publishes in Pattern Recognition and Image Analysis, v.4, №2, Pp.185-196



4. Чигорин, А.А. Распознавание знаков дорожного движения на изображениях с обучением на синтетических данных / А.А. Чигорин, А.А. Конев, Г.Р. Кривовязь, А.Б. Велижев, А.С. Конушин. М.: МГУ им. М.В. Ломоносова, 2010.

5. О государственном техническом учете и технической инвентаризации в Российской Федерации объектов капитального строительства: Постановление Правительства РФ от 04.12.2000 N 921 (ред. от 21.08.2010) [Электронный ресурс]. URL: <http://base.garant.ru/12121355>.

6. Сидоров А.В., Михеев С.В., Осьмушин А.А. Диагностика состояния транспортной инфраструктуры с использованием нейронных сетей// Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; URL: [www.science-education.ru/113-11807](http://www.science-education.ru/113-11807).

7. Михеева Т.И., Михеев С.В., Сапрыкин О.Н. Управление транспортной инфраструктурой. – Самара: Интелтранс, 2015. – 173 с.

8. Михеева Т.И., Ключников В.А., Головин О.К. Методы и алгоритмы экспертизы объектов транспортной инфраструктуры // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6; URL: <http://www.science-education.ru/120-16656>.





## МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ ПРОГРАММЫ

Busen Dusan

SAMARA AS GLOBAL COMPETENCE CENTER  
FOR AUTOMOTIVE INDUSTRY

(Automotive cluster of Samara region)

Non-commercial partnership "Automotive Cluster of Samara region" (NP "ACSR") was established in 2014. Its activities are aimed at stimulating the process of clustering in the automotive sector and production of automotive components in the Samara region and beyond.

NP "ACSR" works to represent and protect the interests of enterprises in the state and local authorities, to ensure effective interaction between production, education and science institutions, non-profit and commercial organizations for the development and implementation of joint cluster projects.

When creating "Automotive Cluster of Samara region" there was used a methodological experience and technical support of the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), as well as the Automotive cluster of Slovenia (ACS). These companies have organized a series of trainings in several key areas, with the participation of enterprises not only Samara region, but also in other regions.

The cluster's milestone became the awarding with bronze certificate by the Secretariat of the European Cluster Excellence Cluster analysis (ESCA). The certificate was awarded to the director of NP "ACSR" Vladimir Putkin by executive director of Russian Association of Innovative Regions - Ivan Bortnik at IX Samara Economic Forum on September 18.



Fig. 1



**Mission:** To increase the competitiveness of our members through the effective use of the synergies of competencies and resources

**Goal:** To become efficiently coordinated network of automotive components manufacturers, integrated into the global automotive supply chain

**Main activity platforms:**

- Supplier chain and business development,
- Quality Development & Lean Production,
- R&D/Engineering & Innovation,
- Communication platform,
- Governmental support,
- Training and Consulting

### Cluster Organization

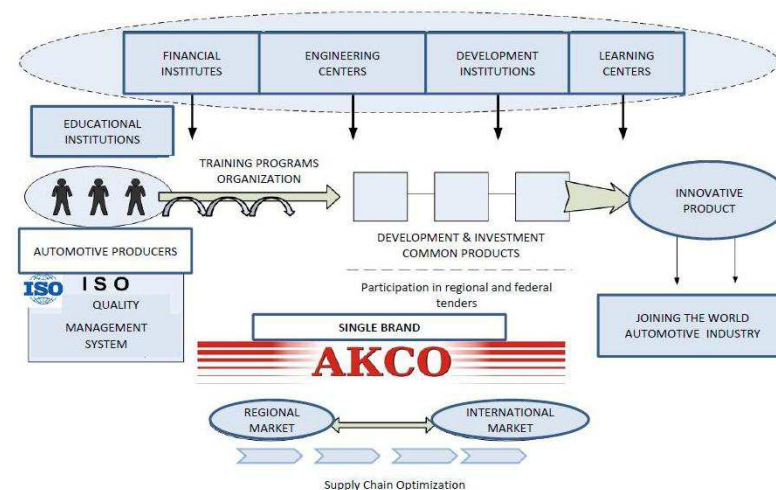


Fig. 2

**Methodological support:**

- Training aimed at production cost optimization:
- Lean production (JMac)
- BOM cost reduction (BOP, external logistics, and raw materials)
- Work post standardization (FOS, TEO, ILU schedule etc. )
- Kaizen – method for work post improvement
- MPM – management of performance of manufacturing means (PMP, TAP, MBR, EdR, KM0, LP, LUP etc.)
- Training aimed at product quality improvement:
- QC – Quality management (OBQ, QC-story, QRQC, MQA, PY etc.)
- ANPQP and folder PPAP, FMEA analysis



- Training aimed at development of quality management system(ISO TS 16949, ISO 14001)
- Certification
- Monitoring of the QMS

#### **Training:**

1. Training programs 2016:
  - Automotive industry;
  - CAD;
  - Team work;
  - Financial and economic activity;
  - Quality Management;
  - Foreign languages;
  - Project management;
  - IT;
  - Energy efficiency.
2. Organization of training in higher educational institutions.
3. Organization of training in Russia and abroad.

Абакумов А.А., Семёнов А.Д.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ SCADA СИСТЕМ В ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ЛАБОРАТОРИЙ

(Пензенский государственный университет)

В настоящее время в научных исследованиях и образовании, в производственной и других сферах деятельности человека определяющее значение имеют информационно-вычислительные системы. Развитие информатики и применение компьютеров в научных исследованиях ставят вопрос о пересмотре основных концепций представления научных знаний даже в уже глубоко разработанных и весьма формализованных областях и выдвигают на первый план задачу структурирования этих знаний. Разработка мультимедийных учебно-научных лабораторий и их использование в инженерном образовании являются перспективным направлением в обучении современным высоким технологиям, подготовке высококвалифицированных научных кадров и отраслевых специалистов, а также повышении квалификации инженерно-технических работников и сотрудников предприятий промышленного сектора.

Обучение с использованием информационно - коммуникационных технологий в мировой практике терминологически определяется как «e - learning» (электронное обучение) и включает в себя использование дистанционных образовательных технологий. Основной целью применения электронного обучения в техническом вузе является значительное и быстрое повышение эффективности учебного процесса и качества подготовки студентов. Из-за специфики и



сложности преподавания и освоения технических дисциплин этот процесс является достаточно многогранным, в большой степени специфичным и требующим безусловного применения передовых образовательных технологий, большинство из которых в той или иной степени завязано на применение электронных ресурсов [1].

Основными направлениями применения передовых образовательных технологий с использованием электронных ресурсов является создание виртуальных лабораторий и практикумов.

Виртуальная лаборатория представляет собой программно-аппаратный комплекс, позволяющий проводить опыты без непосредственного контакта с реальной установкой или при полном отсутствии таковой. В первом случае мы имеем дело с так называемой лабораторной установкой с удаленным доступом, в состав которой входит реальная лаборатория, программно-аппаратное обеспечение для управления установкой и оцифровки полученных данных, а также средства коммуникации. Во втором случае все процессы моделируются при помощи компьютера [2].

Необходимость создания виртуальных лабораторий в образовании возникла в связи с трудностями применения в некоторых случаях реальных лабораторий.

Лаборатория создается как объектовая комплексная информационная система, которая должна являться организованной в единое целое совокупностью частей, т.е. представлять собой комплекс различных видов обеспечения. Основными из видов обеспечения лаборатории являются математическое, информационное, лингвистическое, программное, техническое, метрологическое, организационное, методическое обеспечение.

Структура лаборатории представлена на рисунке 1. Она состоит из устройств, реализующих возможность дистанционного и локального режима работы с виртуальной лабораторией. Так же данная структура имеет возможность подключения к ней реальных лабораторных установок.

Помимо возможности подключения лабораторных установок имеется возможность запуска виртуальной лаборатории на всех компьютерах клиентов. Архитектура виртуальной лаборатории, организованная на компьютере клиента приведена на рисунке 2.

Архитектура состоит из математической модели объекта управления, реализованной в среде Matlab, модели контроллера, реализованной в программной среде UnimodPro, и SCADA-проекта, реализованного в среде DATARate. Обмен между программами реализуется с помощью протокола передачи OPC.

Гибкость данной структуры даёт возможность реализации систем управления технологическими объектами любой сложности.

На примере электродинамического вибростенда представлен подход проектирования виртуального стенда.

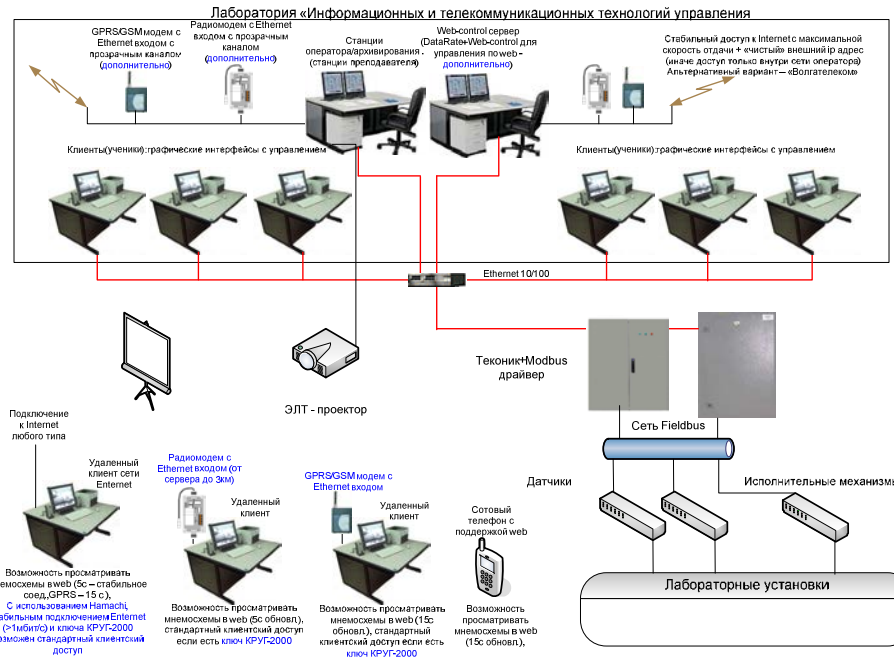


Рисунок 1 – Структура лаборатории

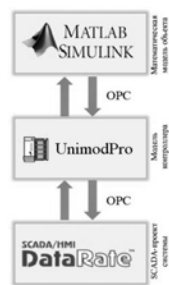


Рисунок 2 – Архитектура компьютера клиента виртуальной лаборатории

На основании системы уравнений была построена модель электродинамического вибратора в Matlab. На рисунке 3 представлена математическая модель вибратора, организация передачи данных через OPC-протокол и общий вид модели.

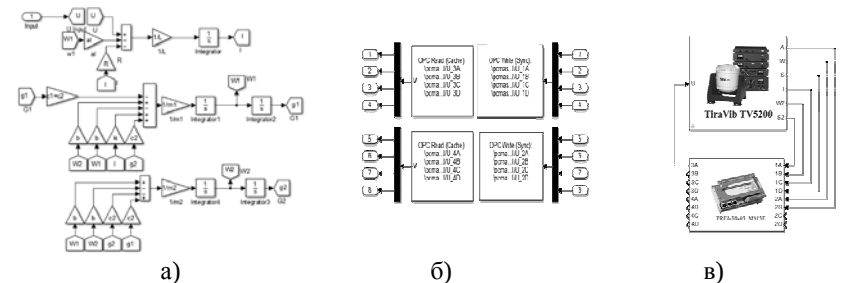


Рисунок 3 – Математическая модель объекта в среде Matlab.

В эмуляторе контроллера реализуется: обратная связь, формирование входного воздействия, ПИД и ЛКГ контроллеры и синхронизация с средой Matlab. В SCADA-системе реализуется: отображение данных поступающих с математической модели из среды Matlab и управление работой контроллера из среды UnimodPro. На рисунке 4 представлена визуализация данных с математической модели и управления работой контроллера реализованная в SCADA-проекте.

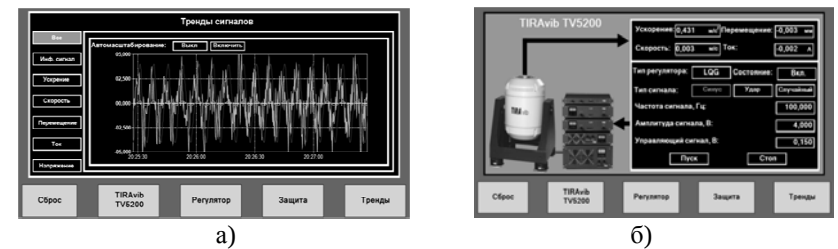


Рисунок 4 – Реализация SCADA-проекта в среде разработки DATARate 4.1

### Литература

- Палюх, Б.В. Электронное обучение в инженерном образовании / Б.В. Палюх, А.В. Твардовский, В.К. Иванов // Качество образования. №10. 2012. С.34-37.
- Трухин, А.В. Виды виртуальных компьютерных лабораторий / А.В. Трухин // Информационные технологии в высшем образовании. 2005. С. 58-67.



О.А. Авдеюк, Т.С. Харланова, Д.Н. Авдеюк

## ОРГАНИЗАЦИЯ КУРСОВ ПОВЫШЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАМОТНОСТИ ДЛЯ ЛЮДЕЙ ПЕНСИОННОГО ВОЗРАСТА

(Волгоградский государственный технический университет)

В настоящее время важное значение имеет компьютерная грамотность населения, так как информационные технологии очень прочно вошли в нашу жизнь. Всё больше государственных и социальных услуг обретают электронный вид, пользование различными сервисами осуществляется с помощью Интернета, поэтому обучение навыкам работы на компьютере является весьма актуальной задачей. Согласно статистике, в последнее время особый интерес к современным технологиям проявляют люди пенсионного возраста, начинают активно пользоваться электронными услугами, становятся Интернет-пользователями. Таким образом, существует необходимость проведения курсов повышения компьютерной грамотности для слушателей-пенсионеров.

В Волгоградском государственном техническом университете в рамках учебного центра организованы компьютерные курсы для людей пенсионного возраста, основной целью которых является [1-4]:

- повышение информационной компетентности;
- повышение экономической и социальной активности;
- решение проблемы разрыва связи поколений;
- содействие социальной адаптации неработающих пенсионеров с помощью Интернет-технологий;
- профессиональной ориентации и переквалификации трудящихся в пожилом возрасте;
- решение проблемы организации досуга, расширение круга общения за счет использования социальных сетей, почтовых программ и других сервисов Интернета[1].

В связи с возрастными особенностями слушателей занятия на компьютерных курсах должны быть построены следующим образом:

1. информация подается в более понятной форме, в спокойном темпе, происходит периодическое повторение материала, постепенно слушатель курса знакомится с различными «компьютерными» терминами;
2. создаются комфортные условия, доброжелательная атмосфера;
3. теоретические основы курса, получаемые слушателем, совмещаются с практической реализацией в процессе работы на компьютере;
4. постепенно слушатель курса знакомится с различными «компьютерными» терминами;



5. слушатель обеспечивается соответствующей литературой по компьютерной грамотности, каждое занятие сопровождается изучением печатных графических материалов по рассматриваемой тематике.

Для повышения успешности освоения компьютерных курсов людьми пенсионного возраста необходимо оптимизировать технику преподавания для обеспечения привыкания слушателей к своеобразной компьютерной терминологии, развития профессиональных навыков, исключения чувства страха перед компьютерной техникой. Также нужно помнить, что к каждому слушателю необходим свой индивидуальный подход, поэтому группы состояются небольшие (3-5 человек) для оказания должного внимания каждому.

Среди слушателей, которые прошли обучение в учебном центре при Волгоградском государственном техническом университете по программе «Компьютерные курсы для людей пенсионного возраста» за период с 2013 по 2015 год, средний возраст обучающихся составляет около 64 лет. Большую часть прошедших обучение (53%) составляют пенсионеры в возрасте 55-65 лет. Среди слушателей преобладают женщины, что, чаще всего, связано с довольно высоким потенциалом социальной активности, согласно теории Хофстеде, они наиболее восприимчивы к любым общественным инновациям, чаще пользуются Интернетом для поиска необходимой информации, общения с родственниками и друзьями через социальные сети.

Как показала практика, «Компьютерные курсы для людей пенсионного возраста» позволяют овладеть следующими навыками работы на компьютере:

- 1) общие знания об устройстве компьютера, работа с клавиатурой/компьютерной мышью, внешними периферийными устройствами;
- 2) основные действия с файлами, запись информации на внешние носители памяти;
- 3) создание, редактирование, форматирование и сохранение текстов в текстовом редакторе;
- 4) создание таблиц данных в табличном редакторе;
- 5) работа в сети Интернет по поиску информации, загрузке различных файлов, пользовании почтовыми и социальными сервисами, правительственными порталами.

Таким образом, компьютерные курсы для пенсионеров способствуют не только приобретению новых знаний в области информационных технологий, но и сохранению активной жизненной позиции в условиях современного общества.

### Литература

1. Особенности организации компьютерных курсов для людей пенсионного возраста / Авдеюк О.А., Хворост Т.С., Авдеюк Д.Н. // Инновации на основе информационных и коммуникационных технологий. 2014. № 1. – С. 18-19.



2. Освоение новых информационных технологий как способ адаптации людей пенсионного возраста в информационном обществе / Авдеюк О.А., Хворост Т.С., Авдеюк Д.Н. // Молодой ученый. 2014. № 8. С. 760-763.

3. Актуальность компьютерных курсов для людей пенсионного возраста / Авдеюк О.А., Хворост Т.С., Авдеюк Д.Н. // Сборники конференций НИЦ Социосфера. 2014. № 35. С. 326-327.

4. Авдеюк О.А. Особенности обучения компьютерной грамотности людей пенсионного возраста / Авдеюк О.А., Хворост Т.С. // Молодой учёный. - 2015. - № 4 (84. - С. 531-534.

5. Авдеюк, О. А. К проблеме адаптации в вузе студентов заочной формы обучения/О. А. Авдеюк, Е. Н. Асеева, А. В. Крохалев, К. В. Приходьков, А. Н. Савкин//Социосфера. -2011. -№ 2. -С. 65-68.

6. Авдеюк О. А., Асеева Е. Н., Павлова Е. С. Адаптация первокурсников к обучению в вузе и роль довузовской формы образования в этом процессе//Успехи современного естествознания. -2011. -№ 4. -С. 145

Е.В. Алексанова, В.В. Козлов

#### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ ТРАЕКТОРИЙ ОБУЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

На качество подготовки специалистов большое влияние оказывает мониторинг успеваемости студентов в ВУЗе в течение каждого семестра. С помощью мониторинга текущей и итоговой успеваемости можно оценить уровень освоения учебных дисциплин студентами образовательного учреждения. Рейтинговая модель мониторинга текущей успеваемости студента основана на непрерывных данных об аттестации. Отличие данного подхода заключается в отсутствии традиционной системы контрольных точек [1,2], оцениваемых дискретно, и в возможности их передачи задним числом. Модель информационной системы мониторинга текущей успеваемости имеет следующие цели:

- на основе проставления текущей аттестации по отдельным дисциплинам дать информацию об уровне успеваемости студента на текущий момент;
- определять накопленный рейтинг студента;
- прогнозировать (рекомендовать) оценку студента при заключительной аттестации по дисциплине;
- дать возможность ранжирования студентов по типовым траекториям;
- выделить наиболее проблемные дисциплины;
- получить показатели эффективности каждого преподавателя.

Система позволяет учитывать аттестацию студентов, где «+1» означает «аттестован», «-1» – «не аттестован», а также предоставляет возможность



отслеживать кафедры, которые не проводят регулярную аттестацию студентов, либо не полностью заполняют журнал аттестации.

Текущий рейтинг вычисляется в соответствии с интервалами, через которые проставляется аттестация, то есть берется сумма от количества дней, умноженного на оценку аттестации, и делится на количество оценок до текущей даты. В результате можно вывести статистику успеваемости с фильтрам по контингенту и группировкой по любой комбинации: поколениям, формам, уровням, направлениям обучения, специальностям, факультетам, группам, курсам, студентам, дисциплинам (рис. 1, рис. 2).

| группа  | Аттестация | Своевременность | Выполнение |
|---------|------------|-----------------|------------|
| ГИП-111 | 67         | 100             | 72         |
| ГИП-112 | 69         | 100             | 78         |
| ГИП-113 | 71         | 100             | 60         |
| ГИП-114 | 65         | 100             | 90         |

Рис. 1 – Статистика успеваемости по факультету  
с группировкой по группам

| группа  | кафедра                                        | Аттестация | Своевременность | Выполнение |
|---------|------------------------------------------------|------------|-----------------|------------|
| ГИП-113 | Лингвистики и межкультурной коммуникации       | 91         | 100             | 100        |
| ГИП-114 | Прикладной математики и вычислительной техники | 70         | 100             | 100        |
| ГИП-112 | Прикладной математики и вычислительной техники | 69         | 100             | 100        |
| ГИП-113 | Прикладной математики и вычислительной техники | 67         | 100             | 100        |
| ГИП-111 | Прикладной математики и вычислительной техники | 67         | 100             | 100        |
| ГИП-114 | Высшей математики                              | 65         | 100             | 100        |
| ГИП-114 | Общей и прикладной физики и химии              | 63         | 100             | 100        |
| ГИП-114 | Лингвистики и межкультурной коммуникации       | 60         | 100             | 100        |

Рис. 2 – Статистика успеваемости по факультету  
с группировкой по группам и кафедрам

Таким образом, оперативная и достоверная информация о текущей успеваемости и посещения занятий по каждому студенту накапливается и по разработанной технологии и формам преобразуется в удобный вид для принятия управленческих решений на разных уровнях.

Рейтинг студента на текущий момент вычисляется по проставленной аттестации  $A$  по дисциплине в семестре. Аттестация проставляется не позднее, чем через  $n$  дней от начала семестра или после проставления предыдущей аттестации. Преподаватель ставит по дисциплине  $D$  на определенную дату  $T$  студенту либо аттестован, либо не аттестован. Общий учебный рейтинг студента по всем дисциплинам семестра на заданную дату вычисляется по формуле:

$$R_T = \sum_{j=1}^{N_D} \frac{\left( \sum_{i=1}^{k(A)} (\min(t_A, n) * A_{ij}) \right)}{k(A_T)} * 100\% \quad , \quad (1)$$



где  $N_D$  – количество дисциплин в семестре, а  $k(A_T)$  – количество оценок на заданные интервал времени  $T$ ,  $t_A$  – количество дней до следующей оценки,  $A_{ij}$  – балл аттестации по  $j$ -ой дисциплине на  $i$ -ый момент времени, применение функции  $\min$  ограничивает период действия оценки.

Рассмотрим пример применения данной системы мониторинга. Возьмем три дисциплины D1, D2, D3. Учебный рейтинг студента по данным дисциплинам, имеющего id=9, представлен на рис. 3.

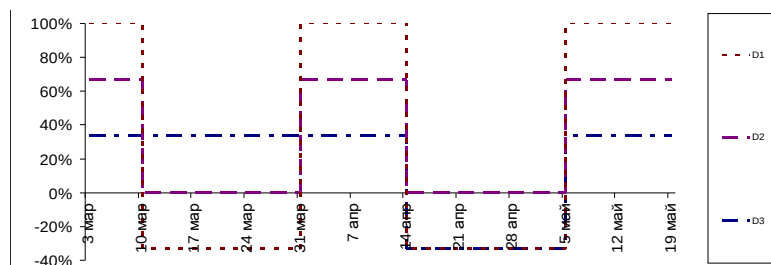


Рис. 3 – Текущий рейтинг студента

Используя формулу (1) получаем общий учебный рейтинг студента по всем дисциплинам семестра на заданный момент времени. Вычисляем накопленный рейтинг, показывающий общую успеваемость студента до заданной даты (рис. 4).

Такой рейтинг складывается из площадей фигур, ограниченных графиком.

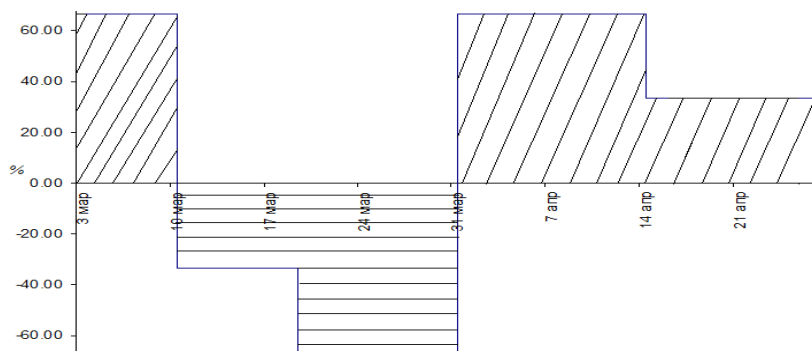


Рис. 4 – Накопленный рейтинг студента по дисциплинам до заданной даты

Положительный рейтинг – это площадь фигуры, расположенной выше оси дат, на графике имеет диагональную штриховку, а отрицательный рейтинг – площадь фигуры, находящейся ниже оси дат, показан горизонтальной штриховкой и при суммировании площадей имеет знак минус:



$$R_{\text{накопл}} = \frac{(S_a - S_b + S_c)}{k(T)} * 100\% \quad (2)$$

Где  $S_a$ ,  $S_b$ ,  $S_c$  – площади фигур, ограниченных графиком,  $k(T)$  – количество дней до заданной даты  $T$ . Для определения типа студента построим траектории классификаций (рис. 5).

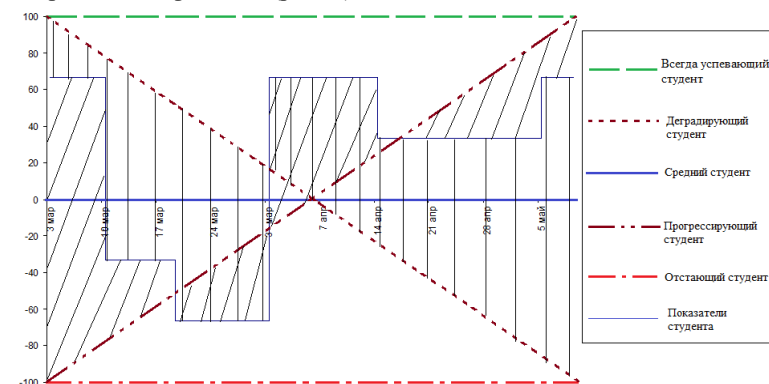


Рис. 5 – Типовые траектории классификации студента

Определим тип данного студента на основе минимального отклонения площадей от типовых линий. Данный метод по принципу близок к нахождению коэффициента корреляции [4] и методу наименьших квадратов [5]. Чтобы не загромождать график рассмотрим площади относительно двух типовых линий: деградирующий и прогрессирующий студент. По графику видно, что суммарная площадь между двумя линиями наименьшая для линии типа прогрессирующий студент.

На основе описанного алгоритма можно сделать выводы об успеваемости студента по дисциплине (дисциплинам). Разработанная информационная система и статистически наполненная база данных позволяет дать рекомендательную оценку для семестровой аттестации, а также отнести студента к одному из пяти типов: всегда успевающий студент, отстающий студент, деградирующий студент, прогрессирующий студент и средний студент, провести кластеризацию студенческой группы, составить рейтинги кафедр и образовательных программ.

### Литература

1. Козлов В.В. Мониторинг учебной деятельности студента по дисциплине // В сборнике: Естественнонаучное образование в вузе: проблемы и перспективы: сборник II Всероссийской научно-методической конференции (13-14 ноября 2008г.). Самарск. Гос. Арх.-строит. Ун-т. – Самара, 2008 – 140с.
2. Козлов В.В. Рейтинговая модель на основе непрерывного мониторинга успеваемости // В сборнике: Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 69-й Всероссийской научно-технической конференции





по итогам НИР 2011 года. Под редакцией д.т.н., профессора Чумаченко Н.Г. Самара: СГАСУ, 2012. - 148с.

3. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов. // 10-е издание, стереотипное. Москва: Высшая школа, 2004. — 479 с.

4. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. Москва: ФИЗМАТЛИТ, 1958, 336 с.

Т.В. Андреева

## ОЦЕНИВАНИЕ КАЧЕСТВА СТУДЕНЧЕСКИХ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ И ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

(Пензенский государственный технологический университет)

Необходимость решения высшими учебными заведениями задачи формирования систем поиска и отбора талантливой молодежи, имеющей способности к научному творчеству и стремление работать в сфере образования, науки и инноваций, выдвигает в ряд актуальных вопросов создание способов и средств вовлечения студентов в научную и инновационную деятельность. Одним из эффективных способов стимулирования развития студенческой науки в вузах является создание системы научных мероприятий конкурсного характера, при этом наиболее важной задачей становится обеспечение объективной экспертной оценки научно-исследовательских работ (НИР) и инновационных проектов (ИП), представленных студентами на вузовские научные конкурсы, выставки, олимпиады и конференции.

Основу методики оценивания качества НИР и ИП студентов способен составить алгоритм нечетко-множественной классификации, предложенный А.О. Недосекиным [1] и являющийся одним из самых гибких и достоверных. В приложении к поставленной задаче методика включает следующие этапы.

1. *Формирование системы показателей  $X_i$  качества НИР и ИП.* Ранее [2] на основе анализа конкурсной документации различных научных мероприятий для молодежи была предложена универсальная оценочная система, характеризующая все аспекты качества НИР или ИП и включающая пять основных показателей: актуальность и обоснованность задачи исследования ( $X_1$ ); научная новизна, теоретический и прикладной уровень выполненной работы ( $X_2$ ); инновационная составляющая ( $X_3$ ); научная компетентность автора ( $X_4$ ); качество представления результатов работы ( $X_5$ ). Каждый основной показатель в свою очередь характеризуется набором частных критериев качества. Универсальная система позволяет дать оценку любой студенческой работы посредством выбора председателем экспертного совета показателей оценки НИР или ИП



в соответствии с конкурсной документацией конкретного студенческого мероприятия.

2. *Определение весовых коэффициентов показателей.* Экспертами – членами жюри конкурсного мероприятия производится ранжирование показателей. Вес  $\alpha_i$  показателя  $X_i$  определяется по правилу Фишберна

$$\alpha_i = \frac{2(n - r_i + 1)}{(n + 1)n}, \text{ где } r_i - \text{ранг } i\text{-го показателя, } n - \text{количество показателей.}$$

При этом производится проверка согласованности экспертных оценок, для чего используется коэффициент множественной ранговой корреляции (конкордации)

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \text{ где } S = \sum_{j=1}^n (\sum_{i=1}^m r_{ij} - \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m r_{ij})^2 - \text{сумма квадратов отклонений}$$

суммы рангов каждого показателя от их средней величины,  $m$  – количество экспертов. В зависимости от степени согласованности мнений экспертов коэффициент конкордации может принимать значения от 0 (при полном отсутствии совпадений мнений экспертов) до 1 (при равенстве всех оценок).

3. *Определение лингвистических переменных и нечетких подмножеств.* Полное множество уровней качества  $E$  студенческого проекта разбивается на пять подмножеств:  $E_1$  – подмножество «очень низкое качество»;  $E_2$  – подмножество «низкое качество»;  $E_3$  – подмножество «среднее качество»;  $E_4$  – подмножество «высокое качество»;  $E_5$  – подмножество «очень высокое качество».

Для произвольного отдельного показателя качества  $X_i$  полное множество его значений  $B_i$  разбивается на пять подмножеств:  $B_{i1}$  – подмножество «очень низкий уровень»;  $B_{i2}$  – подмножество «низкий уровень»;  $B_{i3}$  – подмножество «средний уровень»;  $B_{i4}$  – подмножество «высокий уровень»;  $B_{i5}$  – подмножество «очень высокий уровень». Лингвистическая переменная «Уровень показателя  $X$ » имеет терм-множество значений «Очень низкий», «Низкий», «Средний», «Высокий», «Очень высокий». Для описания подмножеств терм-множества вводится система из пяти функций принадлежности трапециевидного вида (рисунок 1) на носителе  $U = [0; 1]$ :

$$\mu_1(x) = \begin{cases} 1, & 0 \leq x < 0,15, \\ 10(0,25 - x), & 0,15 \leq x < 0,25, \\ 0, & 0,25 \leq x \leq 1; \end{cases} \quad \mu_2(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0,15, \\ 10(0,15 - x), & 0,15 \leq x < 0,25, \\ 1, & 0,25 \leq x < 0,35, \\ 10(0,45 - x), & 0,35 \leq x < 0,45, \\ 0, & 0,45 \leq x \leq 1; \end{cases}$$



$$\mu_3(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0,35, \\ 10(x - 0,35), & 0,35 \leq x < 0,45, \\ 1, & 0,45 \leq x < 0,55, \\ 10(0,65 - x), & 0,55 \leq x < 0,65, \\ 0, & 0,65 \leq x \leq 1; \end{cases} \quad \mu_4(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0,55, \\ 10(x - 0,55), & 0,55 \leq x < 0,65, \\ 1, & 0,65 \leq x < 0,75, \\ 10(0,85 - x), & 0,75 \leq x < 0,85, \\ 0, & 0,85 \leq x \leq 1; \end{cases}$$

$$\mu_5(x) = \begin{cases} 0, & 0 \leq x < 0,75, \\ 10(x - 0,75), & 0,75 \leq x < 0,85, \\ 1, & 0,85 \leq x \leq 1. \end{cases}$$

Вводится набор узловых точек  $\sigma_i = \{0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 0,9\}$ , которые являются абсциссами максимумов соответствующих функций принадлежности и равномерно отстоят друг от друга на носителе  $U = [0; 1]$ , а также симметричны относительно узла 0,5.

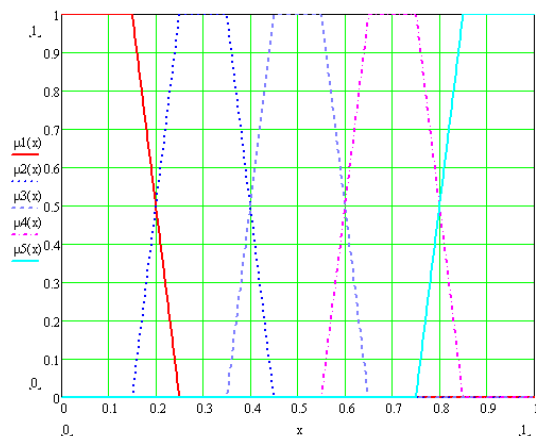


Рисунок 1 – Графики функций принадлежности

Далее каждому показателю ставится в соответствие вербально-числовая шкала, например, шкала Харрингтона (таблица 1), с помощью которой эксперт осуществляет субъективную оценку значения данного показателя.

Таблица 1 – Вербально-числовая шкала Харрингтона

| Лингвистическая оценка уровня | Числовые значения |
|-------------------------------|-------------------|
| Очень высокий                 | 0,8–1,0           |
| Высокий                       | 0,64–0,8          |
| Средний                       | 0,37–0,64         |
| Низкий                        | 0,2–0,37          |
| Очень низкий                  | 0,0–0,2           |



4. *Классификация значений показателей и уровня показателей.* Производится классификация текущих значений  $x$  показателей  $X$  как критерий разбиения полного множества их значений на подмножества вида  $B$  (таблица 2).

Таблица 2 – Классификация значений показателей

| Показатель | Критерий разбиения по подмножествам |                       |                        |                       |                         |
|------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|
|            | $B_{11}$                            | $B_{12}$              | $B_{13}$               | $B_{14}$              | $B_{15}$                |
| $X_1$      | $0,0 \leq x_1 < 0,2$                | $0,2 \leq x_1 < 0,37$ | $0,37 \leq x_1 < 0,64$ | $0,64 \leq x_1 < 0,8$ | $0,8 \leq x_1 \leq 1,0$ |
| $X_2$      | $0,0 \leq x_2 < 0,2$                | $0,2 \leq x_2 < 0,37$ | $0,37 \leq x_2 < 0,64$ | $0,64 \leq x_2 < 0,8$ | $0,8 \leq x_2 \leq 1,0$ |
| ...        | ...                                 | ...                   | ...                    | ...                   | ...                     |
| $X_n$      | $0,0 \leq x_n < 0,2$                | $0,2 \leq x_n < 0,37$ | $0,37 \leq x_n < 0,64$ | $0,64 \leq x_n < 0,8$ | $0,8 \leq x_n \leq 1,0$ |

Производится классификация текущих значений  $x$  по критерию таблицы 2. Результатом проведенной классификации является таблица 3, где  $\lambda_{ij} = 1$ , если  $b_{i(j-1)} < x_i < b_{ij}$ , и  $\lambda_{ij} = 0$  в противном случае.

Таблица 3 – Результат классификации показателей

| Показатель | Значение $\lambda$ |                  |                  |                  |                  |
|------------|--------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
|            | $\lambda_1(x_i)$   | $\lambda_2(x_i)$ | $\lambda_3(x_i)$ | $\lambda_4(x_i)$ | $\lambda_5(x_i)$ |
| $X_1$      | $\lambda_{11}$     | $\lambda_{12}$   | $\lambda_{13}$   | $\lambda_{14}$   | $\lambda_{15}$   |
| $X_2$      | $\lambda_{21}$     | $\lambda_{22}$   | $\lambda_{23}$   | $\lambda_{24}$   | $\lambda_{25}$   |
| ...        | ...                | ...              | ...              | ...              | ...              |
| $X_n$      | $\lambda_{n1}$     | $\lambda_{n2}$   | $\lambda_{n3}$   | $\lambda_{n4}$   | $\lambda_{n5}$   |

5. *Определение значений основных показателей и интегрального показателя.* Значение каждого из основных показателей  $X_i$  определяется по формуле двойной свертки:  $X_i = \sum_{k=1}^{n_i} \alpha_{ik} \sum_{j=1}^5 \sigma_j \lambda_{kj}(x_{kj})$ , где  $\sigma_j$  – узловые точки стандартного классификатора,  $\alpha_{ik}$  – вес показателя в свертке. Количественное значение интегрального показателя определяется по формуле  $X = \sum_{i=1}^5 \alpha_i \sum_{j=1}^5 \sigma_j \mu_{ij}(x_i)$ , где  $\mu_{ij}(x_i)$  – значение функции принадлежности  $j$ -го качественного уровня относительно текущего значения  $i$ -го основного показателя.

Предложенная методика оценки качества студенческих научных работ позволяет производить оценивание качества практически любых студенческих научных работ, представленных на различные конкурсные мероприятия. Применение рассмотренной методики дает возможность повысить объективность оценки НИР и ИП, обеспечить информационную поддержку процесса принятия решений при проведении конкурсных мероприятий научного и инновационного характера для студентов. Разработанные иерархическая система критериев и



методика оценки качества студенческих научных работ с применением нечетко-множественной модели использованы при создании системы информационного сопровождения научно-исследовательской и инновационной деятельности студентов в Пензенском государственном технологическом университете [3].

### Литература

1. Недосекин, А.О. Методологические основы моделирования финансовой деятельности с использованием нечетко-множественных описаний: дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.13 / Недосекин Алексей Олегович. – СПб, 2003. – 280 с.
2. Андреева, Т.В. Экспертное оценивание качества научно-исследовательских работ и инновационных проектов студентов / Т.В. Андреева // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего <sup>плюс</sup>. Серия: Технические науки. Информационные технологии. – 2013. – № 10 (14). – С. 76–82.
3. Андреева, Т.В. Информационная система для организации научно-исследовательской и инновационной деятельности студентов вуза / Т.В. Андреева // Современные информационные технологии: Сборник трудов международной научно-технической конференции. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. технол. ун-та, 2014. – Вып. 19. – С. 220–225.

Ю.В. Балабашина, В.В. Козлов

### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КАДРОВОГО УЧЕТА ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ ВУЗа

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Кадровый учет в ВУЗе – это учет документов, связанных с преподавателями. То есть все документы, которые так или иначе связаны с оформлением трудовых отношений и с организацией труда преподавателя являются кадровым учетом.

Согласно требованиям к представлению информации с учётом положений приказа Рособрнадзора от 29.05.2014 № 785 «Об утверждении требований к структуре официального сайта образовательной организации в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и формату представления на нём информации», на сайте ВУЗа по всем педагогическим работникам должны быть представлены: Ф.И.О, занимаемая должность (должности), преподаваемые дисциплины, учёная степень, учёное звание (при наличии), наименование направления подготовки и (или) специальности, данные о повышении квалификации и (или) профессиональной переподготовке, общий стаж работы, стаж работы по специальности.

Согласно ФГОС, доля научно-педагогических работников, имеющих соответствующее профилю преподаваемой дисциплины (модуля), в общем числе научно-педагогических сотрудников, реализующих программу бакалавриата, должна составлять не менее 70 процентов (в основном); доля научно-



педагогических работников, имеющих ученую степень (в том числе ученую степень, присвоенную за рубежом и признаваемую в Российской Федерации) и (или) ученое звание (в том числе ученое звание, полученное за рубежом и признаваемое в Российской Федерации), в общем числе научно-педагогических сотрудников, реализующих программу бакалавриата, должна составлять не менее 60 процентов (в основном).

В связи с необходимостью автоматизации отчетности, а также для удовлетворения требований к представлению информации с учётом положений приказа Рособрнадзора от 29.05.2014 № 785, будет создана автоматизированная информационная система, позволяющая найти нужную информацию и получить все необходимые документы в кратчайший срок.

Реализованные и нереализованные части АИС показаны на рисунке 1.

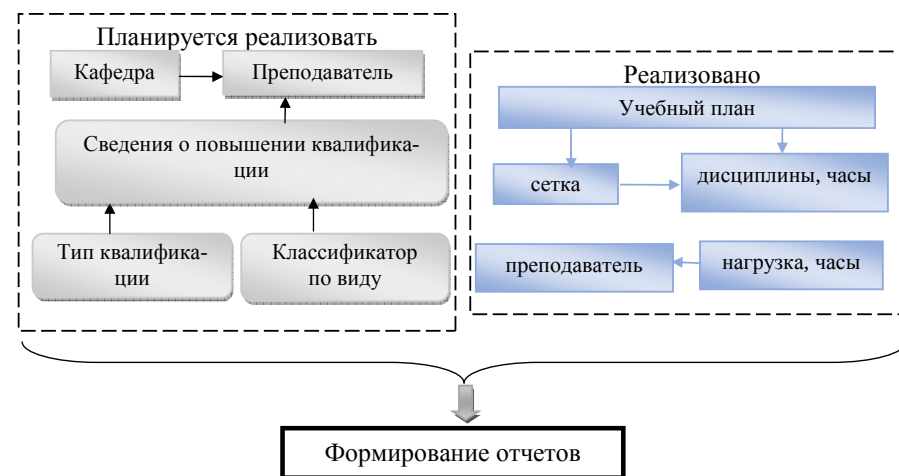


Рисунок 1 – Части АИС

Данные будут заполняться самими преподавателями по мере получения новых данных и (или) их обновления (например, данные о повышении квалификации). Данные сканируются, вносятся в личный кабинет, затем проверяются кафедрой, и, в случае подтверждения, заносятся в базу данных, а, в случае не подтверждения, они аннулируются.

На рисунке 3 показан существующий в настоящее время отчет по поручениям кафедрам. В мою задачу входит создание дополнительного модуля, позволяющего вводить в систему преподавателя и модуля формирования отчетов.

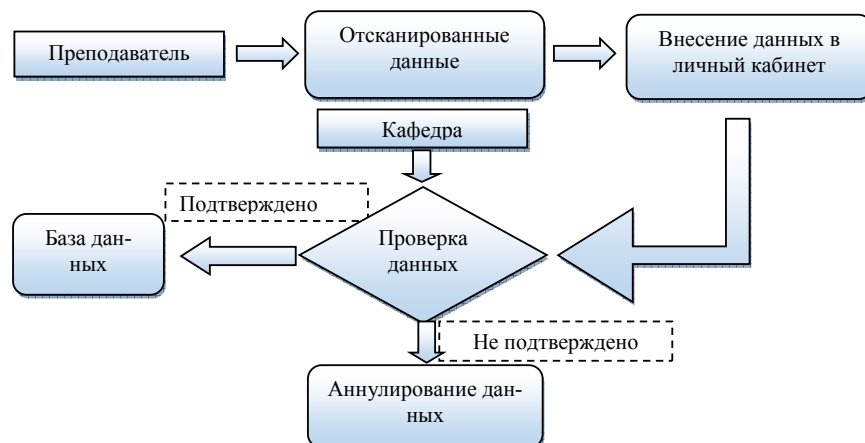


Рисунок 2 – Схема заполнения данных

2015 учебный

| Факультет | ОПВО       | Код дисциплины | Дисциплина             | Курс | Семестр | Группа | Контроль | Часы (всего) | ПРЕПОДАВАТЕЛЬ |
|-----------|------------|----------------|------------------------|------|---------|--------|----------|--------------|---------------|
| АФ        | 070301As07 | Б3.В.ДВ.5.1    | Конструктивный рисунок | 1    | 1, 2    | 273    | ЗЭ       | 144          |               |
| АФ        | 070301As05 | Б3.В.ДВ.5.1    | Конструктивный рисунок | 1    | 1, 2    | 270    | ЗЭ       | 144          |               |
| АФ        | 070301As03 | Б3.В.ДВ.5.1    | Конструктивный рисунок | 1    | 1, 2    | 271    | ЗЭ       | 144          |               |
| АФ        | 070301As01 | Б3.В.ДВ.5.1    | Конструктивный рисунок | 1    | 1, 2    | 272    | ЗЭ       | 144          |               |
| АФ        | 070301As08 | Б3.В.ОД.5.2    | Живопись               | 2    | 4       | 266    | ЗР       | 144          |               |

Рисунок 3 – Отчет

Объединения данных существенно облегчит составление отчетов, получение необходимой информации и скан копий всех документов преподавателя. Система будет оформлена в виде WEB модуля, расширяющего функциональность действующей информационной среды СГАСУ.

Было проведено исследование самарских ВУЗов по различным критериям кадрового состава. Все данные по этим критериям были взяты с официального сайта Главного информационного вычислительного центра. С того же сайта была взята заработная плата выпускников и трудоустройства (Таблица 1).



Таблица 1. Трудоустройство и заработная плата

|                        | Самарский государственный архитектурно-строительный университет | Самарский государственный технический университет | Самарский государственный университет | Самарский государственный университет путей сообщения | ... |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----|
| Трудоустройство, %     | 80                                                              | 90                                                | 85                                    | 90                                                    |     |
| Заработная плата, руб. | 24742                                                           | 37743                                             | 20750                                 | 32681                                                 |     |

На основе этих данных было проведено исследование на зависимость заработной платы и трудоустройства от критериев кадрового состава (Таблица 2).

Таблица 2. Исследование

|                                                                                                                        | Заработная плата | Трудоустройство |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------|
| Удельный вес НИР, имеющих ученую степень кандидата наук, %                                                             | 8%               | -26%            |
| Удельный вес НИР имеющих ученую степень доктора наук, %                                                                | 6%               | 28%             |
| Удельный вес НИР, имеющих ученую степень кандидата и доктора наук, в общей численности НИР, %                          | 8%               | 4%              |
| Число НИР, имеющих ученую степень кандидата и доктора наук, в расчете на 100 студентов, ед.                            | -21%             | 15%             |
| Удельный вес научно-педагогических работников, защитивших кандидатские и докторские диссертации за отчетный период, %  | 34%              | -1%             |
| Удельный вес численности НИР без ученой степени – до 30 лет, кандидатов наук – до 35 лет, докторов наук – до 40 лет, % | 8%               | 6%              |
| Доля ППС, имеющих ученые степени, %                                                                                    | -2%              | 16%             |
| Доля научных работников, имеющих ученые степени, %                                                                     | 9%               | 25%             |
| Доля ППС возрастной категории моложе 40 лет, %                                                                         | 20%              | -19%            |

Исходя из полученных данных, можно сделать выводы. Например, доля научных работников, имеющих ученые степени, положительно влияет на заработную плату и трудоустройство выпускников. Так же положительно влияет удельный вес НИР, имеющих ученую степень доктора наук. Однако есть критерии, которые влияют отрицательно либо на заработную плату, либо на трудоустройство выпускников – это, например, доля ППС возрастной категории моложе 40 лет.

Таким образом, находясь на стадии разработки дополнительного модуля АИС, уже были получены достаточно интересные выводы. По мере завершения



работы, будут появляться дополнительные данные для проведения исследований и получения новых заключений.

### Литература

1. Козлов, В.В. Об автоматизации сбора рабочих программ /В.П. Дерябкин, В.В. Козлов, Н.О. Кулакова // В сборнике: Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015). Труды Международной научно-технической конференции. СГАУ. Самара, 2015. С. 10-14.

2. Козлов, В.В. Обзор информационной системы сопровождения учебного процесса / В.В. Козлов // Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика. Материалы 66-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР за 2008г. / Под редакцией д.т.н., профессора Чумаченко Н.Г. Самара: СГАСУ, 2009. 288 с.

Т.Н. Буштрук, М.В. Царыгин, А.А. Буштрук

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ КОНТЕНТЕ

(Самарский государственный университет путей сообщения,  
Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

**Введение.** Инфокоммуникационные технологии все шире внедряются во все сферы науки, техники, экономики. Современные компьютерные технологии необходимо использовать и в образовательном процессе. Образовательные услуги должны видоизменяться и традиционные методы необходимо сочетать с элементами информатизации, формами дистанционного обучения с обеспечением интерактивного взаимодействия с информационными объектами. Благодаря IT технологиям информационное пространство расширяется; обучающийся за определённое время может получить больший объём информации. Повышение интенсивности образовательного процесса обеспечивается технологией и мероприятиями информатизации учебных дисциплин.

**Структура информационного компьютерного комплекса** представлена на рисунке 1. Каждый блок общеобразовательных, общепрофессиональных и специальных дисциплин должен содержать информатизационную оболочку, включающую идеологически выстроенную цепочку обучающих модулей.

Для каждой дисциплины разрабатывается программное обеспечение, содержащее электронный образовательный ресурс, расчетно-обучающее ПО для зачетной работы (курсовой проект, контрольная работа, РГР) и мультимедийный контент. Программные модули должны выстраиваться таким образом, чтобы соблюдалось иерархическое взаимодействие между дисциплинами. Технологическая схема реализации такого комплекса показана на рисунках 1 и 2. В программных модулях обеспечена максимальная визуализация при взаимодействии с информационными объектами. Информационные



объекты представляются в различных форматах фото, видео и 3D. Разрабатываемые модули компьютерного комплекса используется в курсовом проектировании, научных исследованиях, проведении практических и лабораторных занятий, самостоятельной работе студентов.



Рисунок 1. Технологическая схема реализации программного комплекса

**Основные программные модули компьютерного комплекса** – это «Ротор», «Трансформатор», «Электра», «Выявление дефектов литых деталей тележек грузовых вагонов», «Время ПТО», «Идентификация временных рядов». Программный комплекс «Электра» - это логическое завершение программного обеспечения по электрическим машинам и трансформаторам. Сюда входят ПО ротор, трансформатор, электронный ресурс по электрическим машинам, поисковый и тестовый модули, медиафайлы, 3D модели узлов электрических машин. В ПО «Электра» (рисунок 2) содержатся обучающие видеофайлы по принципу действия и устройству электрических машин и трансформаторов, тестовый модуль и электронный образовательный ресурс.

Программа «Ротор» посвящена расчёту магнитной цепи машины постоянного тока. На главном интерфейсе размещены кнопки с видеофайлами и теоретическим материалом, с которым студент может ознакомиться в автономном режиме, или непосредственно работая с программой, кнопки «Ключ» для функции подсказки. В ПО «Трансформатор» реализован типовой алгоритм расчёта однофазного маломощного трансформатора. Помимо разработки ПО для общетехнических дисциплин, создаются ПП по специальным дисциплинам [2]: «Тренажёр осмотра-ремонтника вагонов» «Выявление дефектов литых деталей тележек грузовых вагонов» (рисунок 3), «Время ПТО».





Рисунок 2. Технологическая схема использования ПО «Электра»



Рисунок 3. ПО «Выявление дефектов литых деталей тележек грузовых вагонов»



На железнодорожном транспорте при выявлении дефектов и неисправности большую роль играет первичный визуальный осмотр. Для изучения узлов, деталей существуют специальные полигоны, но на них невозможно разместить большое количество оборудования. Электронный ресурс по дефектам литых деталей, выявляемых в процессе осмотра, окажет несомненную помощь вагонникам, операторам и ремонтникам при обучении.

Осмотрщик вагонов снабжён специальными инструментами-шаблонами, с помощью которых он должен выявлять эксплуатационную пригодность оборудования. Программа демонстрирует процедуру пользования этими шаблонами в интерактивном режиме. Интерактивное взаимодействие с исследуемыми узлами и деталями позволяет более подробно изучить устройство и работу отдельных узлов и агрегатов вагонов (рисунок 4).

В данном модуле содержится база мультимедийных файлов с дефектами и неисправностями литых деталей тележек грузовых вагонов, которая регулярно обновляется из реальных отчетов. Полученная библиотека позволяет студентам изучать детали и дефекты в режиме максимально приближенном к реальным условиям. Совокупность дефектов и неисправностей классифицируется определенным образом, кодируется с помощью программы в среде Access [1]. Полученные временные ряды можно использовать для моделирования производственных процессов (проведение идентификации). Эти модели могут использоваться при построении краткосрочных или долгосрочных прогнозов, имитации производственных ситуаций, проведении тренинговых мероприятий.

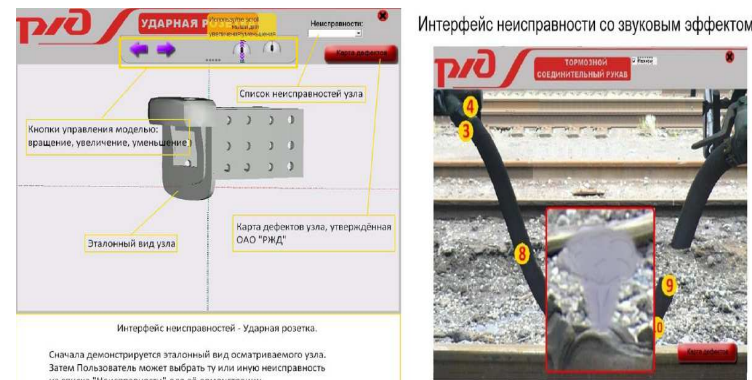


Рисунок 4. Интерфейс тренажёра осмоторщика-ремонтника вагонов

В ПТО (пункт технического осмотра) необходимо провести осмотр состава, выявить неисправности, произвести демонтаж оборудования и выполнить требуемый ремонт. Все эти операции регламентируются по времени технологическими картами ОАО «РЖД». Расчёты трудозатрат осуществляются по фактически затраченному времени. Программа автоматизирует процесс





расчета и ввода данных в АСУ. Интерфейс программы «Время ПТО» показан на рисунке 5. Статистика собирается для анализа выполненных операций на подвижном составе, сроков замены оборудования, оптимизации монтажных и ремонтных работ. Эта информация формируется в базы данных для использования в идентификации временного ряда с целью получения модели процесса, в системе управления и в процедурах построения прогнозных значений ряда, что позволит принимать адекватные управленческие решения по формированию материальных ресурсов.

На основе программы баз данных Access была выстроена таблица, для выбора элементов подвижного состава, подлежащего ремонту, и кодировки изображения выбранного элемента в код Access и занесения в базу [1].

В программный комплекс по специальным дисциплинам встроен блок идентификации временных рядов [3] (рисунок 6). Известно, что временной ряд генерируется линейным формирующим фильтром (ФФ) при подаче на его вход сигнала типа белый шум. Следовательно, чтобы провести идентификацию временного ряда, необходимо определить структуру и параметры передаточной функции ФФ. В результате проведения процедуры идентификации ФФ получаем оценки параметров передаточной функции фильтра (метод Буштрука А. Д.) [3]. Достоверные результаты прогнозирования обеспечивают принятие оптимальных управленческих решений по формированию энергетических, материальных и технических ресурсов.

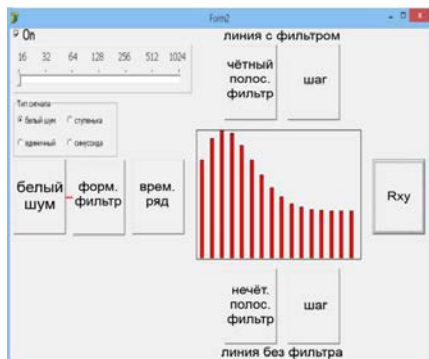


Рисунок 5. ПО «Расчёт времени на ТО вагонов»

Передаточная функция ФФ дает будущие значения ряда, т.е. прогноз. По полученным прогнозным значениям временного ряда исследуемого технологического процесса можно проводить тренинговые занятия по заказам оборудования, энергетических ресурсов, составлению смет, определению стоимости. Эти процедуры приближают обучающегося к реальным производственным условиям и позволяют получить практические навыки.

Достоверность полученной модели обеспечивается адаптацией измерительно-вычислительной системы. Полученные модели можно использовать в



системах управления, построения прогнозов, тренингах персонала. Аппарат идентификации временных рядов может быть использован в большинстве дисциплин для обработки результатов измерений, построения моделей процессов, формирования прогнозов.



Рисунок 6. Модуль идентификации

**Заключение.** Информатизация образовательного процесса обуславливается стремительной динамикой развития информационных технологий, усложнением и возрастающим объемом новых знаний. Созданное программное обеспечение активно используется студентами в самостоятельной работе.

## Литература

1. Буштрук Т.Н., Царыгин М.В., Кленюшин Д.С. Программа для кодирования, анализа, редактирования, просмотра и внесения мультимедийных файлов в БД MS Access Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 20146177734, 31 июля 2014 г.
2. Буштрук Т.Н., Царыгин М. В., Буштрук А. А Компьютерный обучающий комплекс для персонала предприятий вагонного хозяйства с мультимедийными базами данных Известия Самарского научного центра РАН. – Самара : 2014. – Том 16, № 4. – С. 465-470.
3. Буштрук А.Д., Буштрук Т.Н., Фазлыев И. И. Корреляционно-спектральный метод идентификации квазистационарных временных процессов с разрешением противоречия между точностью и быстродействием // А и Т. 2011. № 7: 147-158.



Е.А.Борисова, Д.В.Еленев

## АВТОМАТИЗАЦИЯ РАБОТЫ ОТДЕЛА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДИССЕРТАЦИОННЫХ СОВЕТОВ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Целью работы является создание автоматизированного рабочего места (АРМ) отдела обеспечения деятельности диссертационных советов университета в рамках системы мониторинга подразделений [1]. Создание системы направлено на оптимизацию работу службы обеспечения деятельности диссертационных советов университета и автоматизацию формирования отчетных данных [2].

Компетенция системы охватывает весь процесс подготовки и защиты кандидатской или докторской диссертационной работы. В базе данных хранится информация о: составе диссертационных советов; авторах диссертационных работ и работах, готовящихся к защите и прошедших защиту; наличии публикаций и назначении оппонентом; работах, прошедших защиту; отзывах; протоколах заседаний; организациях.

Главной задачей создания системы стала реализация необходимых пользовательских функций и разработка интуитивно-понятного веб-интерфейса (рисунк 1). Страницы системы состоят из таблиц с информацией, функциональных кнопок и панели меню, с помощью которого осуществляется переход между страницами.



Автоматизированное рабочее место

обеспечения деятельности диссертационных советов университета

Защита

Диссертационные советы

Персоны

Организации

Оппоненты осуществляющие рецензирование диссертационных работ

|                           | ФИО<br>оппонента                        | Дата<br>рождения | Степень | Звание    | Должность | Отрецензированные дис. работы                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------|-----------------------------------------|------------------|---------|-----------|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           | Борисов<br>Александр<br>Андреевич       | 1966-12-10       | доктор  | профессор | профессор | Автор: Кострикова Т.М. Радиальные сети, Автор: Свиридов Т.М. Аппроксимация трафика, Автор: Сергеев Т.М. Радиоактивное топливо в атомной отрасли производства страны                                                                                     |
|                           | Еленов Алексей<br>Михайлович            | 1970-12-01       | к.т.н.  | доцент    | доцент    | Автор: Мрыкина Т.М. Процесс выполнения работ по контролю работ особым методом, Автор: Свиридов Т.М. Аппроксимация трафика, Автор: Юров Т.М. Построение нейронных сетей, Автор: Сергеев Т.М. Радиоактивное топливо в атомной отрасли производства страны |
| Добавить нового оппонента | Емельянов<br>Владимир<br>Эдуардович     | 1968-04-23       | к.т.н.  | доцент    | доцент    |                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Редактировать информацию  | Жуков<br>Владислав<br>Андреевич         | 1969-11-10       | доктор  | профессор | профессор | Автор: Федосеев Т.М. Обработка металлов                                                                                                                                                                                                                 |
| Удалить запись            | Колесников Артём<br>Валерьевич          | 1980-01-25       | к.т.н.  | доцент    | доцент    | Автор: Юров Т.М. Построение нейронных сетей                                                                                                                                                                                                             |
|                           | Кострикова<br>Дмитрий<br>Константинович | 1974-06-05       | к.т.н.  | доцент    | доцент    |                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                           | Комиссаров                              |                  |         |           |           |                                                                                                                                                                                                                                                         |

Рисунок 1 – Интерфейс системы

В разрабатываемой системе преобладающая часть функций является расширяющими функциональность. Предложены и реализуются следующие функции системы:



- добавление новой записи о диссертационной работе, включающее добавление всей необходимой информации о готовящейся к защите работе; редактирование записей о диссертационных работах;
- редактирование информации о соискателях и данных о диссертационном совете;
- добавление новых оппонентов и редактирование информации о них;
- добавление новых членов советов и редактирование информации о них;
- удаление записей о членах совета и оппонентах;
- добавление новых ведущих организаций и организаций выполнения, а также редактирование данных о них.

Загруженный файл автореферата хранится на сервере и доступен для скачивания работнику отдела для формирования отчетных данных.

Функции добавления и редактирования реализованы в АРМ в виде всплывающих окон, пример которого представлен на рисунке 2. Для упрощения работы пользователя реализованы выпадающие списки, в которых можно выбрать информацию, относящуюся к добавляемой работе.

Рисунок 2 – Пример всплывающего окна

Программное обеспечение системы разработано на языке программирования PHP с использованием СУБД MySQL, веб-интерфейс АРМ с помощью языка разметки HTML.

### Литература

1 Еленев, Д.В. Автоматизация системы управления национальным исследовательским университетом и мониторинга его деятельности [Текст] / Д.В. Еленев, В.С. Кузьмичев, Д.Е. Пашков // Программные продукты и системы. – 2012. – № 3. – С. 31-34.

2 Борисова, Е.А. Еленев Д.В., Автоматизация работы отдела обеспечения деятельности диссертационных советов [Текст] / Е.А. Борисова, Д.В. Еленев // XIII Королёвские чтения: Международная молодёжная научная конференция, 6-8 октября 2015 г., Самара, СГАУ, 2015 г., - С. 108-109.



Н.Н. Васин, Е.Ю. Епишкина

## ПРОБЛЕМЫ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ИНТЕГРАЦИИ СЕТЕЙ IPv6 И IPv4 С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОТОКОЛА OSPF

(Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)

В настоящее время наблюдается активный переход от сетей IPv4 к сетям IPv6. Нередко возникает ситуация, когда необходимо интегрировать эти сети между собой [1]. Это вызвано различными причинами, такими как: большое количество старых сетей, использование провайдером устаревших устройств, которые не поддерживают новый протокол, либо плохо интегрируются с современными устройствами, медленное внедрение нового оборудования.

В переходный период будут существовать оба сетевых протокола IPv4 и IPv6. В одних сетях будет использоваться IPv4, в других – IPv6. Поэтому необходимы механизмы перехода из одной сети в другую [2]. Можно отметить три метода сетевой миграции:

1. двойной стек;
2. туннелирование;
3. преобразование адресов.

Двойной стек — является самым простым механизмом обеспечения совместимости IPv4 и IPv6. Принцип двойного стека заключается в следующем. На каждом маршрутизаторе сети, который работает с IPv6 и которому необходимо взаимодействие с IPv4-хостами, устанавливается стек протокола IPv4, и ему выделяются IPv4-адреса. После этого данный узел может функционировать с другими хостами, работающими с разными версиями протокола IP. Главным достоинством принципа двойного стека является относительная простота. К сожалению, минусов у него гораздо больше.

Во-первых, для нормальной работы двойного стека, необходимо, чтобы большинство маршрутизаторов глобальной сети работали как с протоколом IPv4, так и с протоколом IPv6. Во-вторых, для применения двойного стека системные специалисты должны установить и настроить на каждом узле специальное программное обеспечение. В-третьих, применение этого механизма повышает использование системных ресурсов сети и может замедлять их работу.

Наложения туннелирования включает инкапсуляцию пакетов IPv6 в пакеты IPv4 для доставки через инфраструктуру IPv4. В туннельном узле-источнике пакет IPv6 заключен в пакет IPv4 и послан в отдаленный туннельный узел назначения, где заголовок пакета IPv4 распаковывается, и оригинальный пакет IPv6 отправлен далее в сеть IPv6 [3].

Преобразователи адресов NAT-64 преобразуют адреса пакетов IPv6 в IPv4 и наоборот. Функционирование NAT 64 напоминает функционирование транслятора адресов NAT. NAT64 преобразует заголовки пакетов данных меж-



ду двумя версиями интернет-протокола IPv6 и IPv4, и позволяет хостам, поддерживающим только IPv6, связываться с серверами, работающими только с IPv4 [4].

В качестве протокола маршрутизации выбран Link-state протокол OSPF благодаря ряду преимуществ: OSPF предназначен для работы в больших составных гибких сетях и позволяет работать с оборудованием фирм разных производителей, благодаря чему и получил широкое распространение. Link-state протоколы составляют таблицы маршрутизации на основе данных, которые хранятся в специальной базе данных (link-state database), а также в базе данных соседних устройств (neighbor table). OSPF не проводит периодический обмен объемными обновлениями (update) маршрутной информацией и характеризуется быстрой сходимостью [5].

Сегодня, вместе с переходом на другой тип сетей (IPv6), остро встала проблема обучения молодых специалистов. Поэтому был проведен анализ различных принципов обучения, чтобы выбрать какой из них окажется наиболее эффективным. В ходе работы весь лекционный материал, а также тестирование и комплекс практических работ был изложен в системе дистанционного обучения Moodle. Данная технология выбрана в работе благодаря своим достоинствам. Система отличается как простотой и удобством использования, так и своими возможностями. Moodle предлагает широкий спектр возможностей для полноценной поддержки процесса обучения в дистанционной среде - разнообразные способы предоставления учебного материала, контроля успеваемости и проверки знаний [6].

Moodle легко устанавливается. Не вызывает затруднений и обновление программы при переходе на новые версии. Курсы в Moodle доступны в любое время и в любом месте, если имеется подключение к Интернету, но в целях безопасности пользователи должны быть зарегистрированы преподавателем, либо администратор может позволить гостевой доступ, позволяющий просматривать лекционный материал.

Система Moodle помогла сделать курс наиболее интерактивным и наглядным. Также был разработан комплекс лабораторных работ «Протоколы маршрутизации в сетях провайдеров», которые помогают развивать будущим специалистам практические навыки [7]. Лабораторные работы построены по иерархическому принципу: от простых – к наиболее сложным. Первые две работы предполагают обучение принципам построения сетей IPv4 и IPv6 с протоколами OSPFv2 и OSPFv3. Третья работа подразумевает обучение по принципу поиска ошибок. Как было выявлено данный метод обучения является одним из наиболее эффективных. Этот метод позволяет студентам не только изучить построения сетей IPv6 и IPv4, но и способствует нестандартному мышлению, наиболее глубокому анализу протокола OSPF.

Весь курс направлен на повышение уровня знаний магистрантов. Важнейшую роль в обучении играют практические навыки. После прохождения лекционной части курса каждый обучающийся должен пройти тестирование, которое сможет определить уровень теоретических знаний. Всё это позволит



студентам стать квалифицированными специалистами в построении сетей IPv4 и IPv6 и конфигурированию OSPF.

### Литература

1. Родичев Ю.А. Компьютерные сети: архитектура, технологии, защита: учеб. пособие для вузов / Родичев Ю.А. – Самара: Универс-групп, 2006. – 486 с.
2. Васин Н.Н. Основы сетевых технологий на базе коммутаторов и маршрутизаторов / Васин Н.Н. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий: БИНОМ, 2011. – 270 с.
3. Васин Н.Н. Технология пакетной коммутации. Часть 2. Маршрутизация и коммутация: учеб. пособие / Васин Н.Н. – Самара: ПГУТИ ИУНЛ, 2015. – 261 с.
4. Механизмы совместимости IPv4 и IPv6 [Электронный ресурс]. – Режим работы: <http://hostinfo.ru/articles/386>. – Загл. с экрана.
5. Томас, Том М. II. Структура и реализация сетей на основе протокола OSPF / Томас, Том М. II: пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 816 с.
6. Белозубов А.В. Система дистанционного обучения Moodle: учебно-методическое пособие / А.В.Белозубов, Д.Г.Николаев. – СПб., 2007. – 108 с.
7. Васин Н.Н. Протоколы маршрутизации в сетях провайдеров: метод. указания по лаб. работам / Васин Н.Н.; Епишкина Е.Ю., Иванова Е.А. – Самара: ИУНЛ ПГУТИ, 2015. – 87 с.

Н.Н. Васин, Е.А. Иванова, В.А. Мясоедов

### ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ПО ИЗУЧЕНИЮ И ИССЛЕДОВАНИЮ ТЕХНОЛОГИЙ ПАКЕТНОЙ КОММУТАЦИИ

(Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)

На сегодняшний день знание сетевых технологий играет особую роль в сфере телекоммуникаций. Частое обновление сетевых технологий приводит к необходимости постоянного обучения и переподготовки специалистов.

В рамках НИР на базе кафедры систем связи был создан программно-аппаратный комплекс по изучению и исследованию технологий пакетной коммутации. Весь комплекс включает в себя оборудование лаборатории «Технологии пакетной коммутации», персональный компьютер с установленной программой Graphical Network Simulator (GNS3) и пятью сетевыми картами.

Оборудование лаборатории «Технологии пакетной коммутации» включает 6 маршрутизаторов 2800 фирмы Cisco, 6 коммутаторов 2960 фирмы Catalyst, размещенных в двух телекоммуникационных шкафах (рис. 1).

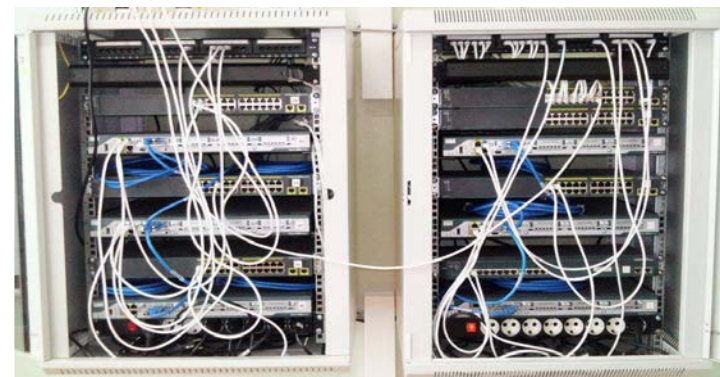


Рис. 1. Оборудование лаборатории «Технологии пакетной коммутации»

Кроме того, оборудование включает 12 компьютеров, шесть из которых используются для подключения к консольным портам маршрутизаторов с целью их конфигурирования, а 6 – подключены к коммутаторам для создания сети [1].

Программа Graphical Network Simulator - в переводе графический симулятор сети. GNS3 - это бесплатный продукт, в котором возможно создание модели сетевого устройства с запуском внутри реального программного обеспечения. Следовательно получается полнофункциональное устройство со всеми компонентами (память, процессор и устройства ввода/вывода). Поэтому использование данного симулятора отвечает всем требованиям к подобным пакетам.

Таким образом, данный программно-аппаратный комплекс – это симбиоз реальной сети с виртуальной. На оборудование лаборатории «Технологии пакетной коммутации» создается реальная сеть [2]. Преимуществом является то, что возможно построение различных топологий, а также конфигурирование всех типов протоколов. В программе GNS3 создается виртуальная сеть, причем это может быть несколько сетей соединенных между собой. Благодаря ряду преимуществ данного симулятора повышается эффективность научных исследований.

Из преимуществ GNS3 можно отметить следующие:

1. Во время работы доступен полный функционал устройств. Так как загружается оригинальное ПО, то и устройство будет работать как реальное. Тогда как во многих других симуляторах часть функций сетевых устройств недоступна.

2. Построение смешанных сетей, т.е. в созданной схеме присутствует оборудование различных фирм производителей, что в большей степени встречается в реальных существующих сетях. Благодаря этому преимуществу возможно изучение сетевых устройств большинства производителей без закупки дорогостоящего оборудования.





3. Соединение проектируемой топологии с реальной сетью. В GNS3 в сеть добавляются существующие сервера и рабочие станции. Это реализуется путем подключения GNS3 к реальной существующей сети или с использованием технологий виртуализации. В созданном программно-аппаратном комплексе проектируемая виртуальная сеть подключается к сети построенной на оборудовании лаборатории «Технологии пакетной коммутации». Таким образом, повышается вариативность построения и изучения сетевых топологий.

4. Также в GNS3 можно работать с беспроводными соединениями, что еще больше приближает его к реальности.

5. Наличие программного продукта Wireshark позволяет проводить мониторинг трафика внутри проектируемой топологии, что предоставляет больше информации для понимания изучаемых сетевых технологий.

Одно из ключевых особенностей использование GNS3 это высокие требования к системным ресурсам персонального компьютера, что необходимо для запуска всех эмулируемых устройств в GNS3.

Наличие на персональном компьютере пяти сетевых карт дает ряд преимуществ. Можно использовать его в качестве сервера или маршрутизатора.

Также использование программных продуктов VirtualBox или VMWare расширяет возможность подключения к различным сетевым устройствам.

Процесс подключения GNS3 к оборудованию лаборатории «Технологии пакетной коммутации» рассмотрен на примере сети (рис. 2), где организована передача данных между компьютерами PC1 и PC2 [3]. На персональном компьютере в программе GNS3 создается любая интересующая сеть. Причем PC1 может быть как виртуальным компьютером (как в примере рис. 2), так и реальным. Затем персональный компьютер подключается к реальному маршрутизатору и в программе GNS3 настраивается подключение виртуального маршрутизатора к сетевой карте персонального компьютера. Получается два устройства подключенных к сетевой карте – персональный компьютер и виртуальный маршрутизатор. Таким образом, обеспечивается доступ виртуальной проектируемой сети к реальному оборудованию лаборатории «Технологии пакетной коммутации». Далее запускается процесс передачи данных с PC1 на PC2. При помощи программы Wireshark производится мониторинг виртуальной проектируемой сети, анализируется трафик данных.

Данный комплекс также может использоваться в качестве научно-исследовательского, при этом организуется подключение виртуальной проектируемой сети к реальной сети. Что дает возможность анализа очередей, при передаче по сети большого объема трафика.

Процесс подключения GNS3 к реальному оборудованию рассмотрен на примере сети (рис. 3). На персональном компьютере в программе GNS3 создается виртуальная проектируемая сеть. Затем производится подключение виртуальной проектируемой сети к реальной, обеспечивается подключение к интернету.

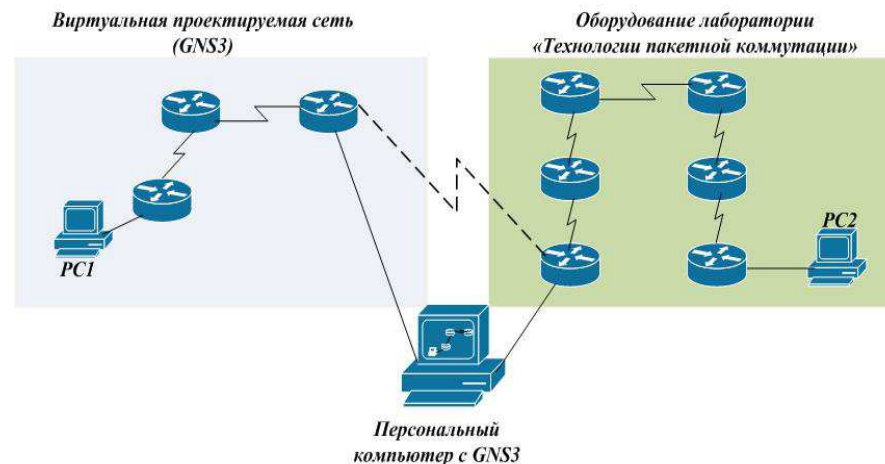


Рис. 2. Пример подключения GNS3 к оборудованию лаборатории «Технологии пакетной коммутации»

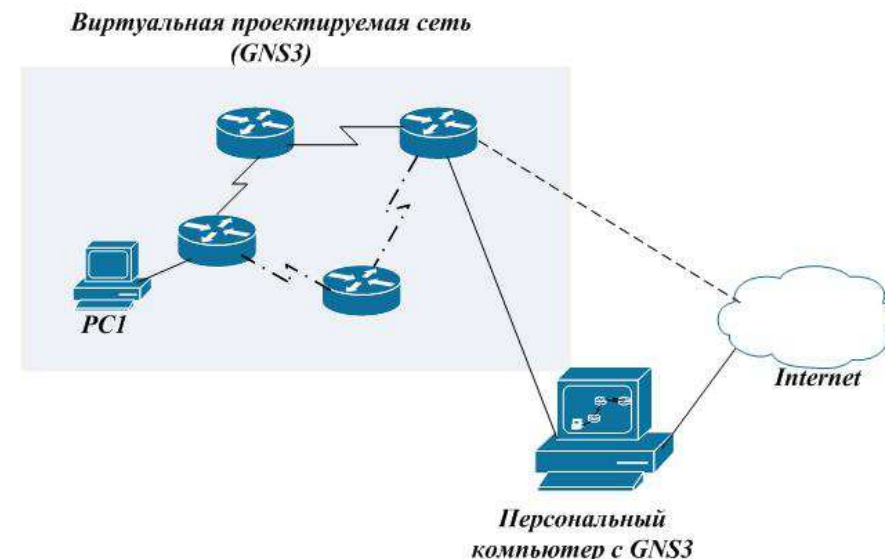


Рис. 3. Процесс подключения GNS3 к реальной сети

Таким образом, обеспечивается доступ виртуальной сети к реальному интернет-трафику. Настраивается передача данных. Исследование и анализ трафика производится с использованием программы Wireshark. Исследование трафика данных показывает количество переданных пакетов, количество пакетов в



очереди, количество отброшенных пакетов. Анализ исследования дает возможность для реконструкции сети. Создаются резервные маршруты, настраивается маршрутизация. При повторном запуске виртуальной проектируемой сети с дополнительными резервными маршрутами анализируется, как организовано перенаправление трафика на резервные маршруты, что предотвращает сброс пакетов [4].

### Литература

1. Олифер, В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов 4-е изд. / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. - СПб. : Питер, 2014. - 944 с.
2. Программа сетевой академии Cisco CCNA 1 и 2. Вспомогательное руководство. М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. - 1168 с.
3. Программа сетевой академии Cisco CCNA 3 и 4. Вспомогательное руководство. М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. - 1000 с.
4. Васин Н.Н. Технология пакетной коммутации. Часть 2. Маршрутизация и коммутация: учеб. пособие / Васин Н.Н. – Самара: ПГУТИ ИУНЛ, 2015. – 261 с.

О.Г. Васюков

### РАЗВИТИЕ ТВОРЧЕСТВА У ОДАРЕННОЙ МОЛОДЕЖИ НА ПРАКТИЧЕСКИХ И ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЯХ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

В последние годы приходится наблюдать значительную разницу во времени выполнения всех заданий практических или лабораторных работ студентами. Одни студенты выполняют все задания и у них остается 15-30 мин свободного времени. Таких студентов не больше 5, как правило. Треть студентов учебной группы не успевают выполнить все задания и доделывают их во время самоподготовки. Вначале, я разрешал, студентам уже отчитавшимся за свою работу, будем их называть отличниками, ходить по классу и помогать в выполнении заданий своим одноклассникам. Мне это отдаленно напоминало Белл-Ланкастерскую систему взаимного обучения, где более умные старшие студенты проводили занятия со своими коллегами в младших классах [1]. Однако мои требования к отличникам, только отвечать на вопросы отстающих и подсказывать им, часто нарушались и заменялись тем, что отличники диктовали ход выполнения работы отстающим. В результате в аудитории стоял шум, который мешал сконцентрироваться на выполнении заданий целеустремленным студентам. Для дополнительной загрузки отличников, для развития их творческих навыков, для выравнивания успеваемости студентов группы по количеству выполненных работ я стал применять интерактивный подход с элементами индивидуального обучения:



1. Для сдачи работы на отлично необходимо выполнить одно количество однотипных заданий, на хорошо - другое, для сдачи работы на удовлетворительно на треть меньше, но так, чтобы при этом различные типы задач хотя бы раз должны быть выполнены.
2. Если заданий в работе мало – одно, два, три, то обязательно добавляю в работу ещё одно задание. Это задание требует *альтернативного способа* решения, пример которого не показывался, но необходимые формулы, законы и функции для его решения давались на лекции. Или задание требует *творческого способа решения*. Чтобы получить студентам оценку отлично они обязательно должны выполнить это задание.

Дополнительное творческое задание содержит определенный элемент неизвестности и имеет, как правило, несколько подходов и включает в себя признаки интерактивного взаимодействия: диалог, мыследеятельность, смысловое творчество, многоголосье. Это задание придает смысл обучению, является вызовом отличнику, мотивирует его на более глубокое изучение материала. Незнание ответа и возможность найти свое правильное решение, основанное на собственном опыте позволяют создать фундамент для сотрудничества и общения всех участников образовательного процесса, включая преподавателя. Процесс познания становится интересным и увлекательным.

Конечно, бывает и такое, что студент с амбициями отличника, не успевает сделать дополнительное задание. И в этом случае он сам выбирает, и это очень важно, получить ему четвертку или доделать задание дома и потом получить пятерку. Для первых 2 студентов, защитивших все работы и имеющих средний бал за практические занятия больше 4,5, вначале семестра устанавливается бонус – экзамен ставится «автоматом» на оценку отлично.

Таким образом, мы добиваемся того, что все студенты во время занятий работают, в аудитории тишина, а отличники привыкают работать творчески. Надо отметить, что дополнительные задания, требующие творческого подхода должны быть вначале простые, а потом со временем усложняться.

При этом я использую интерактивные способы [2], которые ориентированы на более широкое взаимодействие студентов не только с преподавателем, но и друг с другом и на доминирование активности учащихся в процессе обучения, как один из методов проведения практического занятия. Работа педагога при применении интерактивного метода на занятии сводится к направлению деятельности учащихся на достижение целей занятия. Редкость применения этого метода на занятии обусловлена тем, что требует от педагога дополнительное время на составление плана проведения занятия и на составление самих задач для отличника (обычно, это интерактивные практические или лабораторные работы, в ходе выполнения которых студент изучает материал).

В свете Концепции общенациональной системы выявления и развития молодых талантов, утвержденной президентом 03.04.13г. [3] предлагаю руководству вузов подумать над стимулированием деятельности профессорско-преподавательского состава по созданию дополнительных творческих заданий





для студентов и внедрения их отдельным пунктом в рабочие программы дисциплин.

### Литература

1. Материал из Википедии — свободной энциклопедии. [Электронный ресурс]: 10.03.16г. — Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/ Белл-Ланкастерская система](https://ru.wikipedia.org/wiki/Белл-Ланкастерская_система).
2. Материал из Википедии — свободной энциклопедии. [Электронный ресурс]: 10.03.16г. — Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Интерактивные\\_подходы](https://ru.wikipedia.org/wiki/Интерактивные_подходы).
3. Концепции общенациональной системы выявления и развития молодых талантов [Электронный ресурс]: 03.04.13г. — Режим доступа: <http://kremlin.ru/events/president/news/14907>.

П.С. Вдовин

### АНАЛИЗ И СРАВНЕНИЕ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

(Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ)

Системы дистанционного обучения (СДО) призваны расширить возможности традиционных методов и подходов к образованию. С развитием онлайн обучения студенты не привязаны к определённой географической локации, появляется возможность получить образование дистанционно во многих ВУЗах мира, и осваивать дисциплины вне университета.

Несмотря на всю привлекательность и инновационность СДО пока не могут наравне конкурировать с традиционными методами. На это влияют различные факторы. В первую очередь, это скептическое отношение к онлайн обучению. Далеко не все могут понять и принять, что сегодня не обязательно посещать лекции и семинары, чтобы получить специальность, достаточно иметь под рукой ноутбук и интернет.

СДО можно разделить на две большие группы: предоставляющие возможность обучаться онлайн и программное обеспечение для ПК. Можно долго рассуждать о преимуществах и недостатках, но на мой взгляд будущее за онлайн системами. Их преимущества заключаются, например, в возможности доступа с любого устройства, без привязки к домашнему компьютеру. Онлайн системы, как правило, предлагают платную подписку, и этот вариант оказывается дешевле и удобнее по сравнению с покупкой программного обеспечения. Также можно отдельно купить доступ к определённому интересующему курсу.

Для проведения анализа была выбрана современная СДО JoomlaLMS. Она является одним из средств предоставляемым сайтом elearningsoft. JoomlaLMS – это комплекс средств, позволяющих организовывать процесс дистанционного обучения. На примере JoomlaLMS можно понять, как должна вы-



глядеть качественная система. Сразу заметен удобный интерфейс, делающий систему простой и интуитивно понятной, современный и адаптивный дизайн. Если перейти от внешнего вида к содержанию можно отметить следующее:

- Полная интеграция с системой Joomla
- Открытый исходный код
- Обучение компаний любых масштабов
- Русскоязычная служба поддержки
- Широкие возможности в формировании контента курса
- Полная адаптивность
- Возможность интеграции с вебинар платформами

В рамках изучения дисциплины Искусственный интеллект в ВУЗе было предложено ознакомиться с СДО TestMaker.

TestMaker – является локальной программной системой и позволяет проводить тестирование в учебной аудитории на отдельном компьютере и в локальной сети. Программа позволяет создавать наборы тестовых заданий, открывать и изменять ранее созданные, сохранять вновь созданные или измененные наборы тестовых заданий (тест) в файл теста [1-3].

TestMaker хорошо подходит для проведения тестов в аудитории. Также удобно быстро создать несложный тест. Но для полноценного дистанционного обучения система не подходит. Функционал ограничен созданием, выполнением и редактированием тестов. Возможностей использовать средств помимо тестов нет.

В ходе анализа систем были выбраны пять критериев, по которым было проведено сравнение.

1. Функционал – по этому параметру JoomlaLMS превосходит TestMaker. Как уже было сказано выше возможности TestMaker ограничены созданием, редактированием и выполнением тестов. JoomlaLMS предоставляет широкие возможности в конструкторе курсов, включая лекции, вебинары и домашние задания.

2. Стоимость – если сравнивать цены на продукт, то TestMaker окажется выгоднее, потому что он бесплатный. У JoomlaLMS есть бесплатная пробная версия на 30 дней, за постоянное использование придется платить.

3. Простота использования – по этому параметру рассматриваемые СДО можно считать равными. Обе среды интуитивно понятны и не требуют специальных знаний для создания тестов или курсов.

4. Возможность онлайн обучения – в плане обучения онлайн TestMaker полностью уступает своему конкуренту, возможности обучения через интернет нет. Это является одним из существенных минусов программы.

5. Внешний вид – хороший интерфейс и дизайн очень ценен сегодня, поэтому имеет смысл провести сравнение по этому критерию. Дизайн JoomlaLMS не выглядит инновационным – это просто современный, лаконичный дизайн, ориентированный на пользователя. Минималистичный стиль, мобильная адаптация, понятная навигация – решают все необходимые



задачи. В плане юзабилити TestMaker не вызывает сложностей. Все интуитивно понятно. А вот критерию современность внешний вид явно не соответствует.

В рамках работы были рассмотрены две полярно противоположные СДО. Можно сказать системы старой и новой формации. Современный темп жизни требует от людей мобильности и большой набор возможностей по минимальной цене, поэтому постепенно большие онлайн-системы вытеснят узконаправленное программное обеспечение. На мой взгляд, главные критерии для современной СДО – это быстрый доступ с любого устройства, широкий набор инструментов и интеграция с другими платформами.

### Литература

1. И.Х. Галеев, В.Г. Иванов, Н.В. Аристова, В.Г. Урядов Сравнительный анализ программных комплексов TestMaker и АСТ-Test // Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)" - 2007 - V. 10 -N 3. - С.336-360. - ISSN 14364522.URL: <http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html>
2. Галеев И.Х. Компьютерный контроль знаний (локально и дистанционно) / И.Х. Галеев, В.Г. Иванов, Д.Л. Храмов, О.В. Колосов; Под ред. И.Х. Галеева. - Казань: Казанский государственный технологический университет, 2005. 126с.
3. И.Х. Галеев, Д.Л. Храмов, А.П. Светлаков, О.В. Колосов. Адаптивное обучение и тестирование. //Материалы Всероссийской научно-методической конференции «Развитие методов и средств компьютерного адаптивного тестирования», 17-18 апреля 2003 г. - С. 33-35
4. Методика создания и использования электронных образовательных ресурсов (программная среда BlackboardLearn): учебное пособие для преподавателей / А. Н. Корякина, И. А. Кудельская, Е. В. Петрова. - Петрозаводск: Издательство ПетрГУ, 2015.- 64 с.: ил.ISBN 978-5-8021-2349-2.
5. Компания eLearningSoft <http://elearningsoft.ru/>
6. Обзор системы дистанционного обучения JoomlaLMS: как создать обучение онлайн <http://www.topobzor.com/obzor-joomlалms/.html>

Н. Н. Вершинин, О. Е. Безбородова, Л.А. Авдонина

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ ПРИ ПОДГОТОВКЕ БАКАЛАВРОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ» В ПЕНЗЕНСКОМ ГОСУДАРСТВЕННОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

(ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет»)

Компьютерные обучающие программы активно используются на кафедре «Техносферная безопасность» Пензенского государственного университета для обучения студентов при реализации ООП 20.03.01 «Техносферная безопас-



ность». Поэтому современный преподаватель должен не только обладать знаниями в области информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), но и быть специалистом по их применению в своей профессиональной деятельности.

В соответствии с требованиями [1] у студента должна быть сформирована общекультурная компетенция ОК-13 характеризующаяся «способностью использования основных программных средств, умением пользоваться глобальными информационными ресурсами, владением современными средствами телекоммуникаций, способностью использовать навыки работы с информацией из различных источников для решения профессиональных и социальных задач».

Для формирования ОК-13 на кафедре «Техносферная безопасность» активно используется лицензионное и сертифицированное специальное программное обеспечение (ПО), позволяющее сформировать у студента соответствующие знания, умения и навыки [2].

Для выполнения этих задач на кафедре «Техносферная безопасность» имеется современный компьютерный класс, в котором установлено ПО для экологических расчетов и моделирования. Это ПО используется для курсового и дипломного проектирования, проведения научных исследований студентов и аспирантов [3].

Фактически во всех дисциплинах специализации и некоторых дисциплинах профессионального цикла на практических занятиях и для курсового проектирования используют специализированное ПО для экологов. Так в рамках дисциплин «Теплофизика» и «Гидрогазодинамика» на лабораторных работах проводится моделирование процессов с использованием виртуальных макетов. В рамках дисциплины «Управление техносферной безопасностью» используется ПО позволяющее определить количество поступивших в атмосферу опасных химических веществ при различных сценариях развития аварии, пространственно-временное поле концентраций опасных химических веществ в атмосфере, размеры зон химического заражения, соответствующие различной степени поражения людей, определяемой по ингаляционной токсодозе. В рамках цикла дисциплин по охране литосферы используют программные комплексы «Отходы» версия 3.1, «Расчет класса опасности» версия 2. Подобные программные комплексы используют при изучении циклов дисциплин по охране гидросферы и атмосферы.

С помощью ИКТ на кафедре «Техносферная безопасность» решают следующие дидактические задачи:

- совершенствование организации преподавания, повышение индивидуализации обучения;
- повышение продуктивности самоподготовки студентов;
- индивидуализация работы самого преподавателя;
- ускорение тиражирования и доступа к различным информационным источникам;
- усиление мотивации к обучению;
- активизация процесса обучения, возможность привлечения студентов к



исследовательской деятельности;

- обеспечение гибкости процесса обучения.

Для визуализации процесса преподавания активно используют средства мультимедиа. Понятие мультимедиа, вообще, и средств мультимедиа, в частности, с одной стороны тесно связано с компьютерной обработкой и представлением разнотипной информации и, с другой стороны, лежит в основе функционирования средств ИКТ, существенно влияющих на эффективность образовательного процесса.

Разработка хороших мультимедиа учебно-методических пособий - сложная профессиональная задача, требующая знания предмета, навыков учебного проектирования и близкого знакомства со специальным программным обеспечением. Мультимедиа учебные пособия могут быть представлены на различных электронных носителях - для использования на автономном ПК или быть доступны через Web.

При разработке мультимедийных образовательных ресурсов (чаще всего учебно-методических комплексов (УМК)) на кафедре «Техносферная безопасность» выполняют следующие виды работ:

1. Педагогическое проектирование, включающее разработку структуры ресурса; отбор и структурирование учебного материала; отбор иллюстративного и демонстрационного материала; разработка системы лабораторных, практических и самостоятельных работ; разработка контрольных тестов.

2. Техническая подготовка текстов, изображений, аудио- и видеoinформации.

3. Объединение подготовленной информации в единый проект (УМК), создание системы меню, средств навигации и т.п.

4. Тестирование и экспертная оценка.

Таким образом, внедрение в образовательный процесс компьютерных обучающих программ позволяет сделать для студентов процесс обучения более эффективным.

### Литература

1. Приказ Министерства образования и науки РФ от 14 декабря 2009 г. №723 «Об утверждении и введении в действие федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования по направлению подготовки 280700 Техносферная безопасность (квалификация (степень) «бакалавр»)».

2. Примерная образовательная программа высшего профессионального образования. Направление подготовки 280700 «Техносферная безопасность» утв. Приказом Минобрнауки России от 17 сентября 2009 года № 337.

3. Безбородова О. Е., Вершинин Н. Н. Использование информационных технологий при реализации ООП 280700 «Техносферная безопасность» в Пензенском государственном университете// Сборник трудов XIX Международной научно-методической конференции «Университетское образование»/Пенза: Изд-во ПГУ, 2015. С.148-150.



В.Г. Волик

## ОБУЧАЮЩИЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ТРАНСПОРТНАЯ ЗАДАЧА»

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Использование специализированных информационно-программных комплексов, позволяющих моделировать конкретные производственные задачи, является эффективным средством развития профессиональных навыков.

Разработанный в СамГУПС учебно-методический программный комплекс «Транспортная задача» предназначен для изучения студентами математических методов оптимизации на примере составления плана перевозок однородного груза от нескольких поставщиков к потребителям.

Следует отметить, что подготовка индивидуальных заданий по данной теме при случайном формировании исходных данных связана с определенными проблемами, к числу которых относится большой разброс в трудоемкости выполнения работы и возможность получения вырожденных решений.

Обучаемые в ходе занятия в интерактивном режиме принимают определенные решения, основанные на знании элементов теории изучаемых дисциплин.

При разработке комплекса преследовались следующие дидактические цели:

- стимулирование познавательной деятельности студентов, закрепления знаний в области методов решения транспортной задачи (в качестве основного используется метод потенциалов, описанный в [1]);
- дружелюбность программного интерфейса, позволяющая обучаемым быстро адаптироваться при работе за компьютером, находить и исправлять допущенные ошибки;
- эффективное использование учебного времени, в том числе за счет автоматизации ведения протокола и оформления отчета.

Программный комплекс дает возможность сформировать набор индивидуальных заданий, обеспечивающий заданный уровень трудоемкости решения транспортной задачи.

Задачи первого уровня сложности решаются за две итерации вручную или с использованием калькулятора.

Исходные данные вариантов задачи №1 задаются следующей таблицей:

| Потребности {B}   | 60+Y <sub>1</sub>                | 40+Y <sub>2</sub> | 50+Y <sub>3</sub> | 65 | 37 |
|-------------------|----------------------------------|-------------------|-------------------|----|----|
| Запасы {A}        | Удельная стоимость перевозок {C} |                   |                   |    |    |
| 80+Y <sub>1</sub> | 10+Y <sub>1</sub>                | 20+Y <sub>2</sub> | 30+Y <sub>3</sub> | 94 | 51 |
| 60+Y <sub>2</sub> | 53                               | 62                | 62                | 73 | 71 |
| 40+Y <sub>3</sub> | 84                               | 83                | 75                | 41 | 54 |
| 72                | 57                               | 42                | 59                | 88 | 65 |



Здесь и в последующих задачах  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $Y_3$  – три последние цифры номера зачетной книжки. Например, если шифр студента 665903, то  $Y_1 = 9$ ,  $Y_2 = 0$ ,  $Y_3 = 3$  и исходные данные для этого варианта определяются следующими значениями: Запасы: {89, 60, 43, 72}; Потребности: {69, 40, 53, 65, 37}

Удельная стоимость перевозок для этого варианта:

|    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|
| 19 | 20 | 33 | 94 | 51 |
| 53 | 62 | 62 | 73 | 71 |
| 84 | 83 | 75 | 41 | 54 |
| 57 | 42 | 59 | 88 | 65 |

Задачи второго уровня сложности решаются за шесть-семь итераций. Исходные данные для вариантов этой задачи задаются следующей таблицей:

| Потребности {B} | 40+Y1                            | 40+Y2 | 50+Y3 | 75 | 35 |
|-----------------|----------------------------------|-------|-------|----|----|
| Запасы {A}      | Удельная стоимость перевозок {C} |       |       |    |    |
| 70+Y1           | 10+Y1                            | 40+Y2 | 30+Y3 | 21 | 26 |
| 40+Y2           | 70                               | 25    | 70    | 63 | 21 |
| 50+Y3           | 51                               | 86    | 93    | 82 | 71 |
| 80              | 24                               | 80    | 59    | 55 | 20 |

Для выполнения задачи третьего уровня сложности требуется более десяти итераций, и контуры могут иметь более четырех звеньев. Эту задачу можно рекомендовать для студентов, специализирующихся в области информационных технологий и логистики.

Исходные данные этого варианта транспортной задачи имеют вид:

| Потребности {B} | 60+Y1                            | 30+Y2 | 50+Y3 | 85 | 45 |
|-----------------|----------------------------------|-------|-------|----|----|
| Запасы {A}      | Удельная стоимость перевозок {C} |       |       |    |    |
| 80+Y1           | 15                               | 42    | 24    | 21 | 26 |
| 60+Y2           | 70+Y1                            | 30+Y2 | 20+Y3 | 63 | 21 |
| 60+Y3           | 41                               | 36    | 93    | 82 | 71 |
| 70              | 24                               | 80    | 49    | 55 | 16 |

Для решения задач третьего уровня сложности с помощью системы разработки приложений Delphi создана программная поддержка с визуальным интерфейсом и развитыми средствами ведения диалога. Все этапы решения отображаются в соответствующих таблицах, постоянно присутствующих на форме.

В ходе выполнения работы программой формируется протокол, который можно просмотреть в специальном окне. По завершении работы отчет сохраняется в виде текстового файла. При этом формирование отчета возможно лишь в том случае, если студент в процессе диалога с компьютером принимает правильные решения.



В качестве примера на рисунке 1 показан фрагмент рабочего окна демонстрационной программы решения транспортной задачи размерности (6,6), а на рисунке 2 приведен результат решения в виде оптимального плана перевозок.

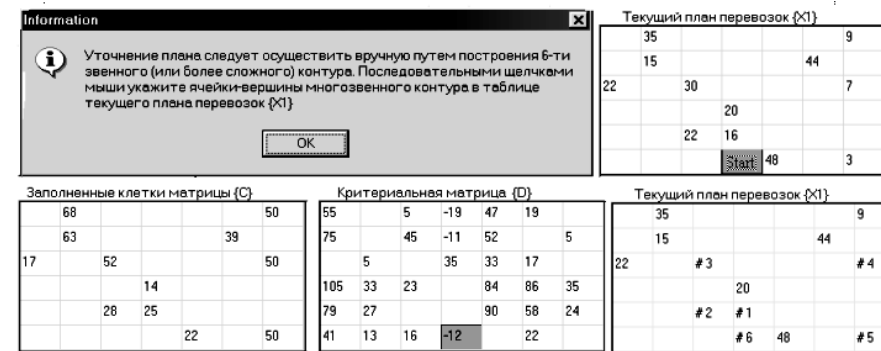


Рисунок 1. Этап построения многозвенного контура

Расчет закончен. Минимальная стоимость перевозок 9058

Оптимальный план перевозок:

|    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|----|
| 0  | 28 | 0  | 16 | 0  | 0  |
| 0  | 15 | 0  | 0  | 0  | 44 |
| 22 | 7  | 14 | 0  | 0  | 0  |
| 0  | 0  | 0  | 20 | 0  | 0  |
| 0  | 0  | 38 | 0  | 0  | 0  |
| 0  | 0  | 0  | 0  | 48 | 0  |

Рисунок 2. Результаты решения транспортной задачи

Для решения данной задачи потребовалось восемь итераций. Четырехзвенные контуры находятся программой автоматически, контуры с числом звеньев шесть и более должны быть построены обучаемым. Программа выделяет начальную клетку (см. рисунок 1), и пользователь с помощью мыши визуальнo указывает вершины контура в матрице текущего плана перевозок.

Неправильные действия диагностируются программой, при этом выдается соответствующее сообщение, и студенту предоставляется возможность исправить допущенные ошибки.

### Литература

1. Барбаумов, В.Е. и др. Справочник по математике для экономистов [Текст] Под редакцией В.И. Ермакова. М.: Высшая школа, 1987. – 336 с.
2. Струченков, В.И. Методы оптимизации. Основы теории, задачи, обучающие компьютерные программы [Текст]: учеб. пособие. М.: Изд-во «Экзамен», 2005. – 256 с.



И.Х. Галеев

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ СИСТЕМЫ (РОССИЙСКИЙ ОПЫТ).

(Казанский национальный исследовательский технический университетим.  
А.Н.Туполева (КНИТУ-КАИ))

Первые попытки создания интеллектуальных обучающих систем (ИОС) относятся к началу 70-х годов 20-го века. Они были вызваны разочарованием ряда разработчиков обучающих систем в традиционной технологии программированного обучения. Одной из первых ИОС, разработанной за рубежом, считается SCHOLAR [1]. Чуть позже (в 80-х годах) к исследованиям в области разработки ИОС присоединились отечественные специалисты [2-4]. В [3] анализируются достоинства и недостатки моделей обучения, реализованных в системах АСОЛИЯ (Автоматизированная Система Обучения Лексике Иностранного Языка) и ИСОД (Интеллектуальная Система Обучения Дифференцированию). В [4] излагается одна из первых версий МОНАП (Модель Обучения Навыкам Алгоритмической Природы).

В МОНАП введены следующие основные формализованные понятия: оверлейная модель навыков обучаемого, сложность учебной задачи, трудоемкость задачи, трудность задачи, цель обучения, предаварийное число шагов обучения, "порог стресса", состояние обученности, коэффициент прогнозирования обученности и т.д. [4-9].

В модели обучения предусмотрена возможность аварийного окончания обучения в случае, когда процесс обучения не является эффективным, что оптимизирует затраты на его проведение. Использование байесовского подхода при идентификации (оценке) навыков обучаемого, запоминание результатов обучения за некоторое число шагов при контроле на аварийное окончание и осуществление прогнозирования состояния обученности обеспечивают учет предыстории обучения, что является основой для организации адаптивного обучения [4-9]. Указанная модель прошла широкую апробацию как в России, например: [9], так и за рубежом, например: [5-7]. Следует отметить, что среди зарубежных конференций, на которых проводилась апробация МОНАП, можно выделить конференции, труды которых одновременно индексируются в широко известных международных базах цитирования Web of Science и Scopus. Таким примером являются конференции серии ICALT (IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies – Международная конференция по Продвинутым Технологиям Обучения), пользующиеся заслуженным авторитетом среди специалистов по электронному обучению.

Для реализации технологий адаптации в большинстве ИОС, как правило, используется оверлейная модель знаний обучаемого. Оверлейная модель знаний обучаемого основана на модели предметной области обучения. Модель



предметной области обучения представляется в виде сети концептов (понятий) учебной дисциплины. Для каждого концепта модели предметной области оверлейная модель конкретного обучаемого содержит некоторые значения, которые являются оценкой его уровня знаний этого концепта. Таким образом, оверлейная модель знаний обучаемого представляется в виде набора пар “концепт – значение” для каждого концепта учебной дисциплины.

Более значимой, с практической точки зрения, является задача формирования умений (навыков) у обучаемого на основе сформированных знаний в некоторой предметной области обучения.

В обширной психолого-педагогической литературе под умением (навыком) понимается действие, выполняемое определенным способом и с определенным качеством. Следует отметить, что до сих пор еще не уточнены соотношения между понятиями “умения” и “навыки”. Большинство психологов и педагогов считают, что умение – более высокая психологическая категория, чем навыки. Под выработкой (формированием) навыка понимается процесс выполнения упражнений (целенаправленных, специально организованных повторяющихся действий).

Разработана модель адаптивного управления процессом обучения, адаптация в которой базируется на оверлейной модели навыков обучаемого, представленной в виде набора пар “операция (правило) – значение”. На основе оверлейной модели навыков обеспечивается адаптивное управление обучаемым, заключающееся в выдаче ему на очередной шаг обучения учебной задачи оптимальной трудности и сложности (рисунок 1).

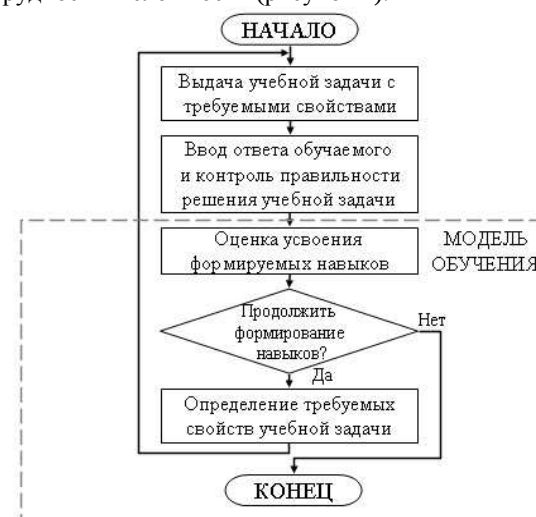


Рис. 1 Управление формированием навыков



Рассматриваемая модель адаптивного управления процессом обучения, инвариантна к широкому классу предметных областей обучения. Это позволило перейти к разработке инструментальных средств проектирования ИОС и их опытной апробации при проектировании ИОС в ряде предметных областей обучения, таких как: грамматики естественных языков (русский, татарский, английский, немецкий и другие); формальные языки; физика; химия; математика и т.д. Дружественный интерфейс разработанных инструментальных средств проектирования ИОС ориентирован на конечного пользователя, не имеющего профессиональной подготовки в области информационных технологий. На рисунке 2 приведен пример описания параметров ИОС обучения языку SQL.

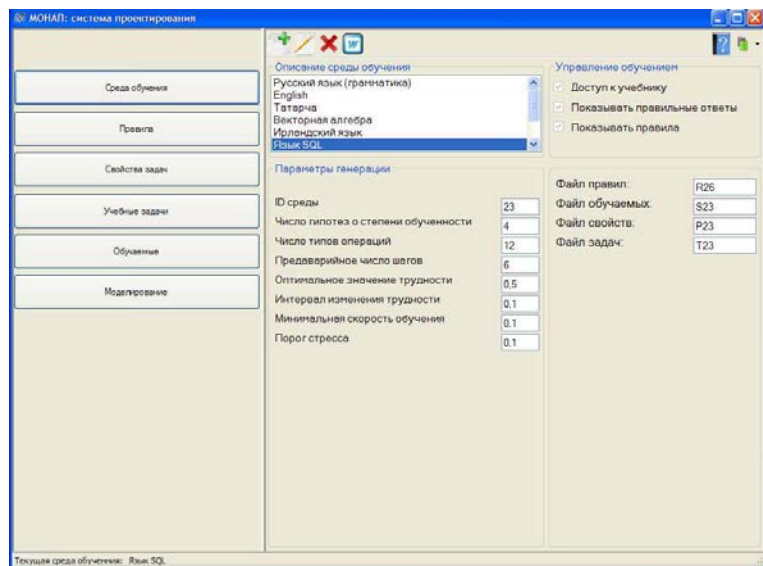


Рис. 2 Пример описания параметров ИОС языку SQL

Развитие и совершенствование ИОС продолжают находиться в центре внимания многих современных исследователей, как зарубежных, так и отечественных. Следует отметить, что с переводом ряда работ известных зарубежных специалистов по этим проблемам можно ознакомиться на сайте Восточно-Европейской Подгруппы Международного Форума «Образовательные технологии и общество» <http://ifets.ieee.org/russian/> [10].

С начала 2014 года КНИТУ-КАИ участвует в реализации международного проекта «Современные образовательные технологии преподавания математики в инженерном образовании России», осуществляемого в рамках программы Темпус. В этом проекте будет использована интеллектуальная виртуальная образовательная среда Math-Bridge. Планируется провести исследование, на-



правленное на анализ методов адаптации, реализованных в Math-Bridge, и их возможную интеграцию с методами адаптации, реализованными в МОАП.



Данный проект профинансирован при поддержке Европейской Комиссии в рамках программы Темпус (№ гранта: 543851-TEMPUS-1-2013-1-DE-TEMPUS-JPCR)

### Литература

1. Carbonell J.R. AI in CAI: An artificial intelligence approach to computer-assisted instruction // IEEE Transactions on Man-Machine Systems. - 1970. - V. MMS-11. - N 4. - P.190-202.
2. Галеев И.Х. Решение дидактической задачи в АОС // Теоретические и прикладные задачи оптимизации. М.: Наука, 1985. - С.80-85.
3. Галеев И.Х. Модели и методы построения автоматизированных обучающих систем (обзор) // Информатика. Научно-технический сборник. Серия Кадровое обеспечение. Выпуск 1. - М.: ВМНУЦ ВТИ, 1990. - С.64-72
4. Галеев И.Х. Организация адаптивного обучения навыкам алгоритмической природы // Программные продукты и системы. - 1989. - N 3. - С.50-57.
5. IldarGaleev, Larissa Tararina, Oleg Kolosov, Vlad Kolosov Structure and implementation of partially integrated adaptive learning environment // in Allison Rossett (ed): Proceedings of E-Learn 2003, Phoenix, Arizona USA, November 7-11, 2003, p. 2151-2154.
6. IldarGaleev, Larissa Tararina and Oleg Kolosov, “Adaptation on the basis of the skills overlay model”, in Kinshuk, Chee-Kit Looi, ErkkiSutinen, Demetrios Sampson, IganacioAedo, Lorna Uden and EskoKähkönen (ed): Proceedings of 4th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'2004), Joensuu, Finland, August 30 - September 1, 2004, p. 648-650.
7. IldarGaleev, RenatMustaphin, and CemalArdil, “A New Method of Adaptation in Integrated Learning Environment”: ENFORMATIKA, Transactions on Engineering, Computing and Technology Volume 14 August 2006 ISBN 1503-5313, ISBN 975-00803-3-5, Prague, Czech Republic, 25-27 August 2006, p. 27-32
8. Галеев И.Х. Проблемы и опыт проектирования ИОС // Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational-Technology&Society)" - 2014. - V.17. - №4. - С.526-542. - ISSN 1436-4522.URL: <http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html>
9. Галеев И.Х. Модель обучения в МОАП-ПЛИОС // Искусственный интеллект – 96. КИИ-96. Сборник научных трудов пятой национальной конференции с международным участием. Т.1. – Казань, 1996. – С.17-25
10. Galeev, I., Chepegin, V., Sosnovsky, S. The East European Sub-group of International Forum of Educational Technology and Society: Problems and the Ways to Solve Them // HCI International 2001 9th International Conference on Human-Computer Interaction jointly with 4th International Conference on Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics, 1st International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction, Symposium on Human Interface. New Orleans, Louisiana, USA, August 5-10, 2001, pp. 260-262.





А.Р. Гибадуллин

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ TESTMAKER И EASYQUIZZY

(Казанский национальный исследовательский технический  
университет им. А.Н. Туполева – КАИ)

В мире существует множество конструкторов программ, предназначенных для разработки тестовых заданий и проведения контрольно – оценочных мероприятий. Такие программы находят свое применение в образовании, социологии, сфере познавательного досуга и иных областях. В данной статье сравниваются два программных обеспечения, позволяющих создавать учебные тесты: TestMaker и EasyQuizzy.

TestMaker – локальная программная система для тестирования в учебной аудитории на отдельном компьютере и в локальной сети. Он позволяет создавать наборы тестовых заданий, открывать и изменять ранее созданные, сохранять вновь создаваемые или измененные наборы тестовых заданий (тест) в файл теста [1-4].

EasyQuizzy — это программа, с помощью которой можно создавать и редактировать компьютерные тесты для оценки знаний. Использование подготовленных тестов позволяет облегчить работу преподавателей при проведении ежедневных «быстрых» опросов учеников и ускорить проверку результатов, т.к. оценка осуществляется автоматически на основе системы оценивания, выбранной при создании теста [5].

На основе произведенного анализа работы двух программ необходимо определить наиболее функциональный и удобный конструктор тестов.

На рис.1 и рис.2 изображены интерфейсы рассматриваемых программных комплексов.

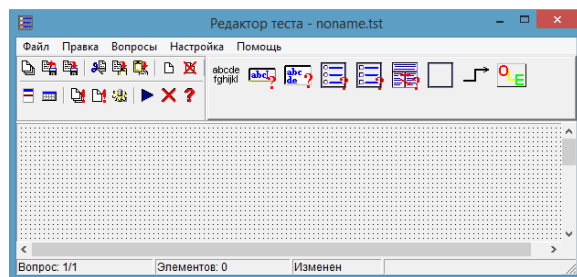


Рис. 1. Интерфейс TestMaker

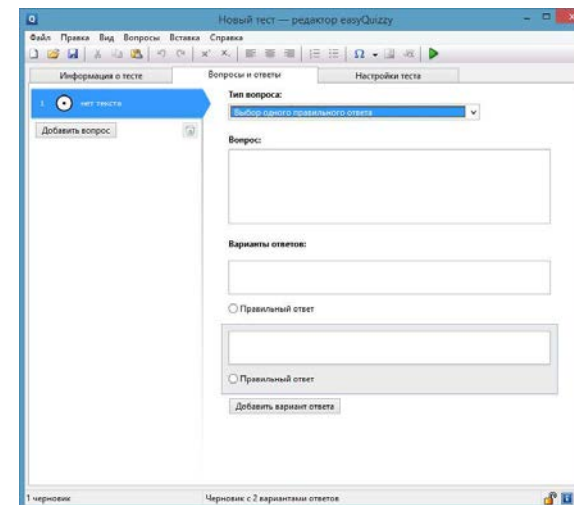


Рис. 2. Интерфейс EasyQuizzy

Оба конструктора имеют возможность добавлять изображения и математические формулы в вопросы, устанавливать размер, стиль, цвет и шрифт. Также оба программных комплекса поддерживают возможность установки сложности (цены) вопроса. Программное обеспечение EasyQuizzy поддерживает 21 язык, в их число входит и русский. Конструктор TestMaker реализован только на русском языке.

В табл. 1 приведены типы вопросов, реализованные в программных комплексах TestMaker и EasyQuizzy.

TestMaker является полностью бесплатной программой, EasyQuizzy же имеет как платную, так и бесплатную (пробную) версию. Пробная версия предоставляется в 30-дневном ознакомительном режиме. При этом все функции программы остаются доступными, но при каждом запуске отображается «назойливое» окно с напоминанием о количестве дней, оставшихся до конца ознакомительного срока использования конструктора.

В рамках проделанной работы был произведен сравнительный анализ программных комплексов TestMaker и EasyQuizzy. Было выявлено, что оба конструктора имеют широкий набор инструментов, позволяющих создавать разнообразные вопросы в тестах. Основной отличительной особенностью EasyQuizzy является то, что программное обеспечение отвечает всем современным критериям: лаконичный дизайн, широкий языковой интерфейс, хорошая проработка модальности вопросных позиций. С другой стороны, программный комплекс TestMaker является полностью бесплатным. В нем реализуется открытый вопрос со всевозможными вариантами ответа. Данная функция является уникальной среди аналогичных конструкторов по созданию обучающих тестов.



Таблица 1

| Типы вопросов                                                      | TestMaker                                                                                                                                                                                                         | EasyQuizzy                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Закрытый однозначный вопрос / Выбор одного правильного ответа      | В вопросе предлагается несколько вариантов ответа, верным из которых является только один                                                                                                                         |                                                                                                                               |
| Закрытый многозначный вопрос / Выбор нескольких правильных ответов | В вопросе предлагается несколько вариантов ответа, верным из которых является один, несколько или все варианты                                                                                                    |                                                                                                                               |
| Установление правильной последовательности                         | Данный вопрос не выделен в отдельный тип вопросов. Его возможно реализовать в закрытом однозначном вопросе                                                                                                        | В вопросе необходимо установить ответы в правильной последовательности                                                        |
| Открытый вопрос / Свободный ответ                                  | В данном вопросе пользователь сам вводит свой вариант ответа в виде одного слова. При составлении теста имеется возможность указать все возможные варианты ответа (опечатки, разные регистры, использование цифр) | Свободный ответ подразумевает ввод правильного ответа в виде одного слова или словосочетания. Программа не допускает опечаток |
| Расширенный открытый вопрос                                        | В данном вопросе пользователь вводит свой вариант ответа в виде нескольких слов. Поддерживает ввод нескольких строк                                                                                               |                                                                                                                               |
| Вопрос на соответствие                                             | В данном вопросе необходимо установить соответствие вариантов из двух разных списков согласно задания в вопросе                                                                                                   |                                                                                                                               |
| Альтернативный выбор                                               | Данный вопрос не выделен в отдельный тип вопросов. Такой вопрос возможно реализовать в вопросе на соответствие                                                                                                    | В вопросе предлагаются два варианта ответа: да или нет                                                                        |



Работу выполнил под научным руководством доцента кафедры АСОИУ КНИТУ-КАИ, кандидата технических наук И.Х.Галеева.

### Литература

1. Галеев И.Х., Храмов Д.Л., Светлаков А.П., Колосов О.В. Адаптивное обучение и тестирование. //Материалы Всероссийской научно-методической конференции «Развитие методов и средств компьютерного адаптивного тестирования», 17-18 апреля 2003 г. – С. 33-35.
2. Галеев И.Х. Компьютерный контроль знаний (локально и дистанционно) // И.Х. Галеев, В.Г. Иванов, Д.Л. Храмов, О.В. Колосов; Под ред. И.Х. Галеева. - Казань: Казанский государственный технологический университет, 2005. – 126 с.
3. Галеев И.Х., Колосов О.В., Филяев А.И.. Сравнительный анализ систем компьютерного контроля знаний // Материалы Международной научно-практической конференции «Информационные технологии в многоуровневой системе образования» – 2005.– Казань: ЗАО “Новое знание” – С. 101-105.
4. Галеев И.Х., Иванов В.Г., Аристов Н.В., Урядов В.Г. Сравнительный анализ программных комплексов TestMaker и АСТ-Test // Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational-Technology&Society)" - 2007 - Т. 10 -N 3. - С.336-360. - ISSN 1436-4522.URL: <http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html>
5. Конструктор тестов easyQuizzy [Электронный ресурс]. URL: <http://easyquizzy.ru>.

А.А. Глушков, М.Н. Елунин

### ИНФОКОММУНИКАЦИОННАЯ СИСТЕМА ФОРМИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ВУЗОВСКИХ РАЗНОВОЗРАСТНЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ КОЛЛЕКТИВОВ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

В условиях современного информационного общества существует необходимость разрабатывать новые формы организации образовательного процесса в высшей школе. Разработанная под руководством С.А.Пиявского инфокоммуникационная система обеспечивает функционирование одной из таких форм – «матричной структуры образовательного процесса».

Матричная структура образовательного процесса в вузе [1], [2] основана на системе разновозрастных исследовательских коллективов (РВК). В ней студенты в течении всего периода обучения, помимо своей студенческой группы, входят в РВК, работающие по единой или близкой научной тематике. При этом руководство коллективом осуществляет преподаватель – ученый вуза, а координацию и научное направление – представитель производственного предприятия или организации-заказчика, или ученый работающий над реаль-



ными проектами. РВК состоит из студентов различных курсов, магистрантов и аспирантов. Каждый из членов РВК выполняет свой проект, но в рамках единой целевой задачи, которая определена координатором и является актуальной для заказчика. Поэтому предполагается, что индивидуальное консультирование может осуществляться, как от руководителя, так и "сверху вниз" старшими студентами над младшими [3].

Работоспособность матричной структуру обуславливается специально разработанной инфокоммуникационной системой управления РВК. Это динамически развивающаяся система, которая проходила неоднократно адаптацию под постоянные изменения в сфере образования. Она представляет из себя комплекс информационных, методических и математических модулей, объединенных в единое целое. Все модули разработаны с интуитивно понятным интерфейсом и интегрированы в систему так, чтобы дополнять друг друга, что повышает общую эффективность.

Основные модули системы:

- регистрации
- планирования
- оценки эффективности работы РВК
- оценки итоговой результативности РВК

Модуль регистрации позволяет руководителю произвести регистрацию РВК, отразив состав её членов, руководителя, координатора, научное направление, целевую задачу РВК и ещё ряд характеристик. После регистрации в системе группа получает интернет-площадку для координации своих действий и планирования своей деятельности.

Модуль планирования представляет собой таблицу в шапке которой фамилии всех членов РВК, под фамилией прописывается план работ индивидуально для каждого. Это сильно облегчает работу руководителя РВК, т.к. он всегда может посмотреть, кто на какой стадии своей работы находится, что выполнено, а что предстоит проверить, на чем "застрял" студент и как ему можно помочь. Пустой шаблон плана формируется автоматически при регистрации РВК. Руководитель РВК с каждым студентом прописывает его индивидуальный план, в рамках общей целевой задачи. В течение семестра руководитель в соответствии с графиком проверяет работу каждого члена группы и выставляет статус текущего задания (новая, выполняется, завершена). От своевременности выполнения заданий зависит индивидуальный рейтинг студента и рейтинг РВК.

Модуль оценки эффективности работы РВК необходим для своевременной реакции руководителя на плохие показатели. Эффективность отражается в виде рейтинга РВК. Рейтинг формируется из двух показателей – своевременности выполнения плана, о которой говорилось выше и оценки куратора от организации. Куратор регулярно оценивает работу группы в целом по трехбалльной системе ("0", "1", "2"), где "0" - ничего не делают, "1" - старательно работают, но не полностью справляются, "2" - всё выполняют. Для того, чтобы стимулировать студентов к активной, старательной деятельности,



организован конкурс "Лучшая НИГС". Конкурс длится на протяжении всего семестра, представляет собой графики, на которых отражается динамика изменения рейтинга групп. Он обновляется раз в неделю и публикуется на сайте вуза (рисунок 1).

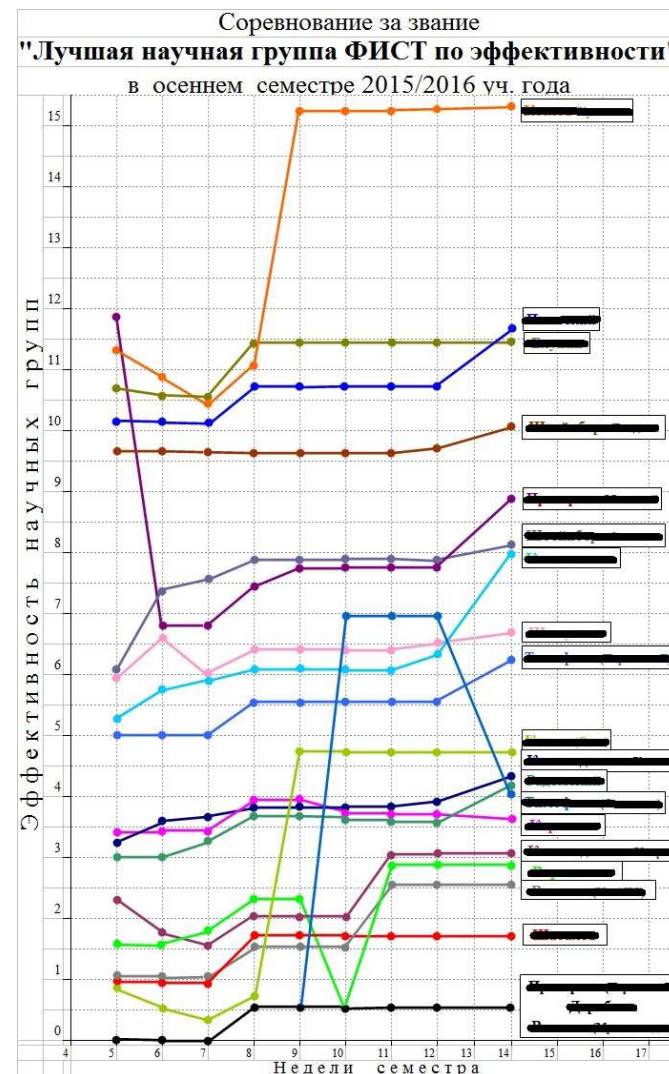


Рисунок 1 – Графики изменения рейтинга РВК по конкурсу "Лучшая НИГС"



Модуль итоговой результативности РВК оценивает его работу по конечному результату. Оценка проводится два раза, в начале семестра и в конце семестра. На начало семестра рассчитывается прогнозируемая оценка по ожидаемым результатам, которые должна достигнуть группа. В конце семестра оцениваются фактический результат и активность РВК. Делается это методом многокритериальной свертки по ряду критериев:

- своевременность выполнения плана каждого члена РВК
- оценка куратора
- протоколирование и отчетность деятельности
- кол-во публикаций
- оценка трудоемкости индивидуальных работ всех членов РВК
- корреляция между запланированными результатами и фактически выполненными

Все критерии сводятся к единому числу – оценке результативности РВК.

В Самарском государственном архитектурно-строительном университете на факультете информационных систем и технологий система эксплуатируется с 2013 года. Она тесно внедрена в учебный процесс. Почти все студенты факультета зарегистрированы в ней и являются членами РВК. Оценка по профилирующему предмету на 50% зависит от оценки результативности РВК, остальные 50% - это работа с преподавателем на занятиях в обычной студенческой группе.

### Литература

1. С.А.Пиявский, Исследовательская деятельность студентов в инновационном вузе: учебник; СГАСУ. – Самара:2011 -198 с.
2. Пиявский С.А., Елунин М.Н. Информационная система организации, мониторинга и управления коллективной научной деятельностью студентов в вузе//Программные продукты и системы. 2014. №1. С. 208-211.
3. Глушков А.А., Пиявский С.А., Елунин М.Н. Информационная технология управления группой научных микро коллективов в матричной структуре образовательного процесса вуза//Science Time. 2015. № 5 (17). С. 92-100.

В.П. Дерябкин, Н.М. Пузанков

### АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ ТЕСТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИИ УЧЕБНОГО КУРСА

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Развитие методов создания онтологий различных предметных областей и стандартизация соответствующих языковых средств [1,2] способствует использованию онтологических подходов в образовательном процессе. В докладе [3]



обсуждалась архитектура и концепция построения интеллектуальной информационной системы тестирования знаний, предназначенной для автоматизации трудоёмкого процесса разработки тестовых заданий. В данном докладе более подробно рассмотрен алгоритм формирования вопросов теста. Входом системы является онтология учебного курса в целом или отдельных его частей, хранящаяся в базе знаний в виде формализованных машинных представлений, выходом – набор тестовых материалов в форме вопросов разных типов и разного уровня сложности. Тестовые материалы позволяют проверить способности обучаемого к построению целостной картины изучаемого материала и к обобщению полученных знаний[4]. Для машинного представления онтологических знаний предлагается использовать унифицированную фреймовую структуру (УФС) [5]. Понятие (класс объектов) онтологии представлено фреймом-прототипом, имеющим уникальный идентификатор, и следующие слоты:

- имя фрейма;
- адрес хранения;
- синонимы;
- суперкласс обобщения;
- подклассы обобщения;
- состав (агрегация);
- агрегат верхнего уровня;
- мультимедийная информация;
- характеристики (свойства);
- ассоциации (логические связи горизонтального уровня);
- соединения (физические связи);
- комментарий.

Фреймы-экземпляры (объекты) создаются путём заполнения части или всех слотов конкретными значениями определённого типа.

УФС поддерживает все основные свойства и понятия распространённых языков онтологий (UML, OWL), но, в отличие от них, реализуется непосредственно в любой объектно-ориентированной среде программирования с использованием небольшой библиотеки дополнительных классов, не требуя каких-либо особых промежуточных программных средств и преобразований. В то же время переход от онтологий в форматах UML, OWL и других к УФС при необходимости может быть автоматизирован, но эта задача выходит за рамки данного доклада.

Исходные знания, представленные в виде фреймовой базы знаний, состоящей из фреймов, их связей и свойств, формируют онтологию знаний, на основании которой информационная система составляет вопросы для тестовых заданий. Вопросы, формируемые для тестов, различаются по форме самого вопроса (открытая – F1, закрытая – F2 или с вариантами ответов – F3) и по сущностям, к которым они относятся (к связи, к экземпляру или к фрейму-прототипу (классу)).



- Первый тип вопросов, T1, относится к экземпляру сущности и требует ввести правильное значение для одного из атрибутов этой сущности.
- Второй тип вопросов, T2, требует определить - правильное ли значение атрибута задано для экземпляра сущности.
- В третьем виде вопросов, T3, нужно определить класс, которому принадлежит заданный экземпляр сущности.
- В четвёртом типе вопросов, T4, нужно указать взаимосвязь между двумя экземплярами разных сущностей.
- В пятом типе вопросов, T5, требуется подобрать экземпляр сущности по связи и экземпляру сущности.

Информационная система позволяет создавать и редактировать онтологию предметной области, заданную формулой:

$O = \langle X, R, E \rangle$ , где  $X$  – множество концептов, представленных в виде фреймов,  $R$  – множество отношений между ними,  $E$  – множество оценок.

$E = \{0, 1, 2, 3, 4\}$ , где предусмотрена градация от совершенно нового для обучаемого знания - 0, до уже закрепленного тестированием знания – 4.

В зависимости от типа вопроса различается и методика его автоматизированного создания. Для первых двух типов вопросов используется выражение суждений на языке логики предикатов [6]. Для остальных типов вопросов требуется использование теории графов. Рассмотрим формирование вопроса по каждому типу в виде формализованного описания.

Входными параметрами является онтология предметной области  $O$ , тип требуемого вопроса  $T$ , его форма  $F$  и сложность  $N$ , которая, в свою очередь, определяется дополнительными параметрами: комплексность и число переменных предиката; геодезическое расстояние в графе; уровень узла в дереве иерархии. На время генерации тестового задания система хранит три множества:

- $D \langle X \rangle$  - множество опрошенных понятий;
- $D \langle S \rangle$  - множество опрошенных характеристик;
- $D \langle R \rangle$  - множество опрошенных связей.

Первым этапом является случайный выбор понятия предметной области  $x$  и проверка на принадлежность  $x \in D \langle X \rangle$  до тех пор, пока не будет найдено не протестированное понятие, которое затем заносится в  $D \langle X \rangle$ .

Далее идет разделение действий в зависимости от типов вопросов  $T$ .



1. Если  $T \in \{T1, T2\}$ , выбирается случайная характеристика  $s$  и проверяется принадлежность  $s \in D \langle S \rangle$ , пока не будет найдена не протестированная характеристика, которая заносится в  $D \langle S \rangle$ , а ее значение - в  $v1$ .  
Создается предикат вида:  
 $P(prop, obj, val) = \text{"Свойство } prop \text{ объекта } obj \text{ имеет значение } val\text{"}$ , такой, что  $P(x, s, v1) = 1$ .
  - a. Если  $F == F1$  и  $T == T1$ , то возвращается  $P(prop, obj, val), x, s, v1$ .
  - b. Если  $T == T2$ , находится альтернативный ответ  $v2$  и возвращается  $P(prop, obj, val), x, s, v1, v2$ .
  - c. Иначе находится три альтернативных ответа  $v2, v3, v4$  и возвращается  $P(prop, obj, val), x, s, v1, v2, v3, v4$ .
2. Если  $T == T3$ , выбирается суперкласс, находящийся на  $N$  уровней выше  $x - y$ . Создается предикат вида:  $P(child, parent) = \text{"child наследник parent"}$ , такой, что  $P(x, y) = 1$ .
  - a. Если  $F == F1$ , то возвращается  $P(child, parent), x, y$ .
  - b. Если  $F == F2$ , то находится альтернативное понятие  $x1$  и возвращается  $P(child, parent), x, y, x1$ .
  - c. Если  $F == F3$ , то находится три альтернативных понятия  $x1, x2, x3$  и возвращается  $P(child, parent), x, y, x1, x2, x3$ .
3. Если  $T \in \{T4, T5\}$ , то выбирается случайная связь  $r$  и проверяется ее принадлежность  $r \in D \langle R \rangle$  до тех пор, пока не будет найдена не протестированная связь, которая заносится в  $D \langle R \rangle$ . Принимая  $u = x$  и, определяя вторую вершину, получаем ребро  $r = \{u, v\}$ . Составляется предикат вида  $P(src, ref, dst) = \text{"src связан с dst через ref"}$ , такой что  $P(u, v, r) = 1$ .
  - a. Если  $F == F1$ , то возвращается  $P(src, ref, dst), u, v, r$ .
  - b. Если  $F == F2$ 
    - i. Если  $T == T4$ , то находится альтернативное понятие  $v1$  и возвращается  $P(src, ref, dst), u, v, r, v1$ .
    - ii. Если  $T == T5$ , то находится альтернативная связь  $r1$  и возвращается  $P(src, ref, dst), u, v, r, r1$ .
  - c. Если  $F == F3$ 
    - i. Если  $T == T4$ , то находится три альтернативных понятия  $v1, v2, v3$  и возвращается  $P(src, ref, dst), u, v, r, v1, v2, v3$ .
    - ii. Если  $T == T5$ , то находим три альтернативных связи  $r1, r2, r3$  и возвращается  $P(src, ref, dst), u, v, r, r1, r2, r3$ .

По созданным предикатам формулируются вопросы теста в естественно-языковой форме.

Используя данную методику и информационную систему, учебное заведение может автоматизировать процесс разработки тестового материала по онтологиям учебных курсов и сформировать библиотеку заданий для полноценного тестирования в процессе обучения.





### Литература

1. OWL 2 Web Ontology Language Document Overview (Second Edition) W3C Recommendation 11 December 2012. URL: <http://www.w3.org/TR/owl-overview/>
2. OMG Unified Modeling Language TM (OMG UML) Version 2.5 OMG Document Number formal/2015-03-01.  
URL: <http://www.omg.org/spec/UML/2.5/>
3. Дерябкин В.П., Пивяский С.А., Пузанков Н.М. Интеллектуальная информационная система тестирования знаний// Перспективные информационные технологии (ПИТ 2015), Том 2: труды Международной научно-тех. конф. Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, - 2015. С. 141-145.
4. Малиновский В.П. Применение онтологий при построении тестов для проверки уровня подготовки обучаемых.  
URL: <http://www.myshared.ru/slide/91256/>
5. Дерябкин В.П. Модель базы знаний интеллектуальной фреймовой среды // Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении (ПИТ 2012): труды научно-тех. конф. Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, - 2012. С. 164-168.
6. Палагин А.В., Крытый С.Л., Петренко Н.Г. Онтологические методы и средства обработки предметных знаний. Луганск, 2012. - 324с.

Д.В. Еленев, К.В. Карпов

### АВТОМАТИЗАЦИЯ УЧЕТА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ РАБОТ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Учет опубликованных учебно-методических работ университета в СГАУ производится управлением образовательных программ. Автоматизированное рабочее место (АРМ) данной службы реализуется в системе мониторинга подразделений университета [1].

Управление образовательных программ СГАУ проводит, в числе прочих, работы по планированию, организации, контролю и анализу результатов научно-методической работы в университете, совершенствованию организации процессов лицензирования, государственной аттестации и аккредитации образовательных программ.

Основной задачей создания АРМ в связи с накопленным опытом эксплуатации системы мониторинга стала реализация необходимых пользовательских функций и разработка интуитивно понятного и удобного веб-интерфейса.

Типовой набор отчетов АРМ включает в себя:

- результативность учебно-методической работы кафедры,



- результативность учебно-методической работы университета,
- учебники и учебные пособия с грифом по кафедре,
- учебники и учебные пособия с грифом по университету.

Для исключения дублирования информации, причиной которого может стать повторный ввод записей, возможно использование методов нечеткого поиска [2].

Разработка программного обеспечения производится на языке программирования PHP с использованием СУБД MySQL.

### Литература

1. Еленев, Д.В. Автоматизация системы управления национальным исследовательским университетом и мониторинга его деятельности [Текст] / Д.В. Еленев, В.С. Кузьмичев, Д.Е. Пашков // Программные продукты и системы. – 2012. – № 3. – С. 31-34.
2. Еленев Д.В., Линник А.О. Автоматизированное снижение дублирования информации в системе мониторинга деятельности подразделений университета / Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014): труды Международной научно-технической конференции / [под ред. С.А. Прохорова]. – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2014. – С. 117-120.

Д.В. Еленев, А.О. Линник

### ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОВЕДЕНИЯ КОНКУРСА МОЛОДЫХ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ И НАУЧНЫХ РАБОТНИКОВ СГАУ ПОСРЕДСТВОМ ЛИЧНЫХ КАБИНЕТОВ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Конкурс молодых преподавателей и научных работников проводится в СГАУ [1] с 2005 года и имеет своей целью развитие системы мотивации, поддержку и закрепление молодых преподавателей и научных работников университета. В течение календарного года участники конкурса получают надбавку, размер которой пропорционален набранным баллам, если количество полученных участником баллов не меньше необходимого минимума.

Условиями участия в конкурсе являются: возраст работника - не более 35 лет для участников без ученой степени или со степенью кандидата наук и не более 45 лет для имеющих ученую степень доктора наук и докторантов, исполнение штатных должностей не менее чем на 0.5 ставки по всем научно-преподавательским должностям либо исполнение штатных должностей не менее чем на 0.25 ставки при условии работы на 1 ставку по прочим должностям (с учетом почасовой нагрузки по магистратуре).

В число показателей входят:

- публикация учебных, учебно-методических и научных работ (методические указания, учебные пособия, учебники, статьи, тезисы докладов и труды конференций, а также монографии);





- участие в научной работе (подача заявок и получение гранта, участие в договорах в качестве научного руководителя или ответственного исполнителя);
- объем учебных поручений (лекции, лабораторные и практические работы, консультации и руководство выпускными квалификационными работами);
- повышение квалификации;
- получение спортивного и ученого звания;
- руководство научно-исследовательской работой студентов и т.д.

Начиная с 2015 г., набор показателей разносится с набором показателей системы стимулирования труда научно-педагогических работников университета, чтобы избежать двойного учета достижений работника в мотивационных системах университета. До текущего года заявки на участие и анкеты участника формировались участниками самостоятельно на основе стандартных форм, а проверка достоверности сведений в анкетах производилась конкурсной комиссией, что означало дополнительные объемы работы комиссии и, зачастую, дублирование функций служб университета, ответственных за соответствующие разделы.

Необходимость автоматизации сбора заявок на участие в конкурсе, повышения достоверности данных в анкетах участников и упрощения процедур проверки анкет и подведения итогов конкурса привела к разработке модуля поддержки конкурса молодых преподавателей и научных работников в системе личных кабинетов научно-педагогических работников университета [2,3].

Модуль определяет выполнение условий участия в конкурсе и предоставляет доступ к странице заполнения анкеты. Часть анкеты формируется автоматически на основе сведений, имеющихся в базах данных системы мониторинга деятельности подразделений университета [4], таких как научные и учебно-методические работы, получение ученого звания, гранта, участие в договорах. В тоже время остальные показатели заполняются участниками конкурса самостоятельно на странице редактирования, представленной на рисунке 1, и проходят дополнительную проверку после завершения анкеты.

В личном кабинете формируется заявка на участие, которая содержит в себе основную информацию о сотруднике – возраст, место работы, контактную информацию, а также список показателей деятельности участника конкурса в виде таблицы, в крайнем правом столбце которой программно высчитывается количество набранных баллов за каждое достижение. Итоговое количество баллов указывается в конце списка показателей и в заявке на участие в конкурсе. Пример списка показателей приведен на рисунке 2.

Просмотр анкеты в личном кабинете сотрудника возможен в любое время, но перед подачей заявки на участие в комиссию необходимо завершить редактирование анкеты, после чего внесение изменений окажется невозможным.



| № | ТЕМА ЗАЯВКИ (наименование проекта, работы)                                                                                            | КУДА И КУДА ПОДАНА ЗАЯВКА                           | СУММА, РУБ. | ГОД  |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------|------|
| 1 | Участие в конкурсе на получение гранта на проведение исследований и разработок в области информационных технологий и телекоммуникаций | Проект 00000 от 14.06.2015, номер заявки 01.03.2015 | 100000      | 2015 |

| № | ТИП                               | ОПИСАНИЕ               | ЧАСЫ | УЧЕБНЫЙ ГОД                   |
|---|-----------------------------------|------------------------|------|-------------------------------|
| 1 | Лекция                            | Психологический анализ | 400  | 2015 - 2016, весенний семестр |
| 2 | Лекция                            | Сети 3G/4G             | 100  | 2014 - 2015, весенний семестр |
| 3 | Лабораторные, практические работы | Сети 3G/4G             | 300  | 2014 - 2015, весенний семестр |

| № | СТУДЕНТ | ТЕМА ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ | ЧАСЫ | УЧЕБНЫЙ ГОД |
|---|---------|----------------------------------------|------|-------------|
|---|---------|----------------------------------------|------|-------------|

| № | С          | ПО         | ДОКУМЕНТ  | СЕРИЯ | НОМЕР | КОГДА ВЫДАН |
|---|------------|------------|-----------|-------|-------|-------------|
| 1 | 2015-09-01 | 2015-09-01 | Положение | 35    | 12345 | 2015-09-01  |

Рисунок 1. Страница редактирования анкеты

ПОКАЗАТЕЛИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАСТНИКА КОНКУРСА МОЛОДЫХ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ И НАУЧНЫХ РАБОТНИКОВ СГАУ

|                                                                          |                                                                                           |                                                 |                         |               |              |                |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|---------------|--------------|----------------|
| 1.1 Опубликование учебных, учебно-методических и научных работ в 2015 г. |                                                                                           |                                                 |                         |               |              |                |
| 1.1 Итого:                                                               |                                                                                           |                                                 |                         |               |              | 0,45           |
| 1.36 Лабораторные, практические работы                                   |                                                                                           |                                                 |                         |               |              |                |
| №                                                                        | Описание                                                                                  | Учебный год                                     | Часы                    |               |              | Баллы          |
| 1                                                                        | Лабораторные работы по дисциплине «Компьютерные сети», гр. 63126300, 63136300             | 2014 - 2015, весенний семестр                   | 144                     |               |              |                |
| 2                                                                        | Лабораторные работы по дисциплине «Сети 3G/4G и телекоммуникации», гр. 63053304, 63053308 | 2015 - 2016, осенний семестр                    | 144                     |               |              |                |
| 3                                                                        | Лабораторные работы по дисциплине «Компьютерные сети», гр. 63126300, 63136300             | 2015 - 2016, весенний семестр, прошедшие месяцы | 400                     |               |              |                |
| 1.36 Итого:                                                              |                                                                                           |                                                 | 328                     |               |              | 0,39           |
| 2.3 Повышение квалификации в СГАУ                                        |                                                                                           |                                                 |                         |               |              |                |
| №                                                                        | Организация                                                                               | Страна                                          | Дата                    | Документ      | Серия, номер | Документ выдан |
| 1                                                                        | СГАУ                                                                                      | России                                          | 2014-09-01 - 2015-08-01 | Удостоверение | 7 712        | 2015-08-01     |
| 2.3 Итого:                                                               |                                                                                           |                                                 |                         |               |              | 0,3            |
| 4 Работа по организации учебной и внеучебной работы в 2015 году          |                                                                                           |                                                 |                         |               |              |                |
| №                                                                        | Наименование показателей                                                                  | Итого работы                                    | Весовой коэффициент     |               |              | Баллы          |
| 1                                                                        | Выполнение обязанностей (по представлению деканата)                                       | куратора группы                                 | 0,1                     |               |              |                |
|                                                                          |                                                                                           | наблюдения курб                                 | max 0,7                 |               |              |                |
|                                                                          |                                                                                           | заместителя декана                              | max 1,0                 |               |              |                |
| 2                                                                        | Рекомендации СМУС                                                                         |                                                 | max 1,0                 |               |              |                |
| 3                                                                        | Рекомендации деканата                                                                     |                                                 | max 1,0                 |               |              |                |
| Итого по всем пунктам:                                                   |                                                                                           |                                                 |                         |               |              | 1,14           |

Рисунок 2. Страница показателей деятельности участника конкурса

Количество работников, подавших заявки на участие в конкурсе в 2016 г., составило более 160 человек. По результатам проведения конкурса в личных кабинетах работнику предоставляется доступ к информации о набранных им (после проверки) баллах и размере стимулирующей выплаты. Дальнейшим направлением обеспечения проведения конкурса молодых преподавателей и научных работников будет более тесная интеграция с системами учета и распределения учебной нагрузки, а так же совместная доработка модулей учета научно-исследовательской работы студентов в системах личных кабинетов и мониторинга деятельности подразделений университета.



### Литература

1 Портал Самарского государственного аэрокосмического университета [Электронный ресурс] – <http://www.ssau.ru/news/12208-Obyavlen-12-y-konkurs-molodykh-prepodavateley-i-nauchnykh-sotrudnikov-SGAU/> (дата обращения 16.03.2016 г.).

2 Еленев, Д.В. Личные кабинеты научно-педагогических работников университета [Текст] / Д.В. Еленев, А.О. Линник // Самара: Известия СНЦ РАН, 2015. №2(5), том 17. – С. 964-969.

3 Еленев, Д.В. Система личных кабинетов научно-педагогических работников / Д.В. Еленев, А.О. Линник // Международная научно-техническая конференция "Перспективные информационные технологии ПИТ-2015", 28 - 30 апр. 2015 г. [Текст] Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2015 г. – С. 6 - 10.

4 Еленев, Д.В. Автоматизация системы управления национальным исследовательским университетом и мониторинга его деятельности [Текст] / Д.В. Еленев, В.С. Кузьмичев, Д.Е. Пашков // Программные продукты и системы. – 2012. – № 3. – С. 31-34.

Н.В. Ефимушкина

### ПРИМЕНЕНИЕ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И ИХ ПОДСИСТЕМ

(Самарский государственный технический университет)

*Аннотация:* Описываются результаты использования имитационных моделей при изучении современных вычислительных систем и их подсистем бакалаврами и магистрами направлений «Информатика и вычислительная техника» и «Программная инженерия». Моделирующие программы позволяют исследовать типовые структуры этих объектов и режимы их работы. Они широко применяют принципы анимации для обеспечения наглядности и лучшего усвоения материала.

*Ключевые слова:* вычислительная система, имитация, процессор, память, конвейер.

Общеизвестно, что современные вычислительные системы характеризуются сложными структурами и режимами функционирования. Для изучения особенностей их работы используется теория вычислительных систем (ВС) [1, 3]. При этом применяются аналитические, имитационные и экспериментальные методы. Наиболее достоверные результаты позволяют получить эксперименты непосредственно над объектом в реальных или специально созданных условиях. Высокая сложность вычислительных систем ограничивает применение этих методов для обучения студентов.



Наиболее перспективными представляются методы имитационного моделирования, которые представляют функционирование системы в виде алгоритма, называемого имитационной моделью. Соответствующая программа содержит процедуры, воспроизводящие структуру системы и протекающие в ней процессы. Важнейшее свойство имитационного моделирования — универсальность. Метод позволяет исследовать системы любой сложности, с любым уровнем детализации, учитывать влияние различных факторов и воспроизводить типовые ситуации. При этом в модели можно отобразить наиболее важные элементы объекта, опуская второстепенные, что повышает эффективность обучения. Существенной особенностью рассматриваемого метода является возможность использования средств анимации, которые обеспечивают большую наглядность. Имитационные модели дают возможность экспериментатору формировать представления о свойствах и, познавая систему через ее модель, принимать обоснованные проектные решения.

На кафедре «Вычислительная техника» Самарского государственного технического университета в течение длительного времени разрабатываются и применяются в учебном процессе имитационные модели вычислительных систем и их подсистем. На их использовании построен лабораторный практикум по дисциплинам «Аппаратные средства вычислительной техники», «Распределенные высокопроизводительные вычислительные системы», «ЭВМ и периферийные устройства» и др.

Модели позволяют изучить особенности организации вычислительных процессов в центральных процессорах, памяти, многопроцессорных комплексах и сетях, а также исследовать влияние самых разнообразных факторов на производительность этих устройств и систем. Они обеспечивают оценку временных характеристик. В настоящее время применяются моделирующие программы для исследования следующих типовых элементов и систем:

- 1) Одного и нескольких конвейеров;
- 2) Суперскалярных процессоров;
- 3) Процессоров с явным параллелизмом команд (EPIC);
- 4) Подсистемы «кэш – оперативная память» однопроцессорной системы и многопроцессорной системы;
- 5) Подсистемы ввода-вывода данных с клавиатуры и монитора;
- 6) Многопроцессорного комплекса с фиксированной и переменной структурой;
- 7) Одноранговой локальной сети, работающей в условиях с помехами в канале и без них;
- 8) Локальной сети со звездообразной архитектурой;
- 9) Локальной сети с петлевой архитектурой;
- 10) Сети с маршрутизаторами.

Изучение начинается с простейших устройств и моделей. Первые работы посвящены исследованию пятиступенчатого конвейера и выявлению его основных свойств и режимов эффективной работы. Известно, что конвейерный принцип обработки широко применяется в современных процессорах. Студен-



ты, исследуя модель конвейера, убеждаются, что с ростом числа команд среднее время их выполнения стремится к длительности одной микрооперации. В следующей работе можно изучить влияние увеличения числа конвейеров на производительность системы.

Известно, что эффективная работа конвейера может быть нарушена из-за конфликтов одного из трех типов: структурных, по данным и по управлению. Все конфликты приводят к приостановке выполнения команды, в которой они возникли (pipeline stall), а также всех следующих за ней до конца конвейера. Эта ситуация называется «конвейерным пузырем» (pipeline bubble). Пузырь проходит по конвейеру, не выполняя никакой работы. Описываемые модели позволяют исследовать все описанные типы конфликтов и оценить их влияние на производительность системы.

В настоящее время существует три основных класса центральных процессоров: суперскалярные, с очень длинным командным словом и с явным параллелизмом команд. Все они содержат несколько параллельно работающих конвейеров. В первых конфликты разрешаются динамически, в процессе выполнения программы, во вторых – компилятором, до начала ее работы. Последний класс сочетает в себе достоинства первых двух. Большинство современных процессоров являются суперскалярными. Они имеют сложную структуру и режим работы. В модели типового суперскалярного процессора отображены наиболее существенные элементы оригинала, которые позволяют уяснить принципы его функционирования. Процессоры EPIC устраняют конфликты на этапе компиляции программ. В них могут возникать только коллизии по управлению. Модель процессора EPIC позволяет исследовать этот тип конфликтов.

Важным элементом вычислительных систем, наряду с центральными процессорами, является память. Она имеет многоуровневую иерархическую структуру и включает в себя регистровое, кэш, оперативное (ОП) и внешние запоминающие устройства. Основная идея такой иерархии – согласование скоростей работы операционных устройств, в первую очередь процессора, с запоминающими. При этом если информация хранится на верхнем уровне, то имеется ее копия и на нижнем. Например, кэш-память исполняет роль буфера между ОП и процессором. Ее организация существенно влияет на производительность системы в целом. Обращение к кэш-памяти может закончиться двояко: попаданием (если информация найдена) или кэш-промахом (если информации нет).

Существует три типа организации описываемой памяти:

- с прямым отображением;
- полностью ассоциативная;
- множественно-ассоциативная.

Первая является наиболее простой, но характеризуется большим числом промахов. Полностью ассоциативный кэш – самый быстродействующий и самый сложный. Наиболее распространенной является множественно-ассоциативная память, содержащая несколько параллельных блоков. В ней для поиска блоков используется прямое отображение, а внутри блока – полностью ассоциативный метод.



Студенты имеют возможность изучить с помощью модели кэш различной структуры, основные методы замещения строк в ней, а также влияние объемов памяти обоих типов и времени выполнения операций обращения к ним на общие характеристики работы системы. При этом важная роль отводится визуализации процессов, протекающих в подсистеме.

Содержимое кэш-памяти меняется под управлением процессора. При этом основная память может оставаться неизменной. С другой стороны, внешние устройства могут изменять данные в ОП в режиме прямого доступа. При этом кэш-память остается неизменной. Еще сложнее ситуация в мультипроцессорных системах, когда несколько процессоров обращаются к общей памяти. Возникает проблема когерентности кэш-памяти.

Модель типовой симметричной многопроцессорной вычислительной системы с однородным доступом к памяти и шинной организацией позволяет отобразить работу основной (оперативной), локальной и кэш-памяти. Студенты могут добавлять или убирать память любого из трех перечисленных типов, варьировать объемы памяти, число процессоров и количество команд обращения к памяти в моделируемой смеси. Таким образом, появляется возможность исследовать разнообразные структуры центральной части многопроцессорных систем и режимы их работы. Модели многопроцессорных комплексов с фиксированной и переменной структурой обеспечивают изучение влияния на характеристики системы различных методов организации вычислительного процесса.

Типовыми устройствами подсистемы ввода-вывода компьютера являются клавиатура и монитор. Особенности их совместной работы позволяет изучить соответствующая модель. Она имитирует ввод символов с клавиатуры с одновременным выводом на экран и без него.

В настоящее время широкое применение получили локальные вычислительные сети (ЛВС), которые строятся на ПЭВМ, соединенных линией связи и аппаратурой, поддерживающей соответствующий интерфейс. Информация в таких сетях передается в виде пакетов стандартной длины и формата. Наиболее распространенными сетевыми топологиями являются одноранговая, звездообразная и петлевая. В модели одноранговой сети имеется возможность исследовать типовые методы доступа: с проверкой столкновений и несущей, а также влияние помех на работу сети. При этом в наглядной форме на экране демонстрируются коллизии, возникающие в канале.

Модели звездообразной и петлевой топологий позволяют оценить влияние на основные характеристики сети параметров передающей среды, количества станций и числа передаваемых ими пакетов. При этом появляется возможность определить условия, обеспечивающие оптимальные режимы работы систем.

Наиболее сложную структуру имеют сети с маршрутизаторами. Последние образуют так называемую коммуникационную сеть, которая может иметь самую разнообразную топологию. Модель такой сети содержит 16 узлов, между которыми можно устанавливать различные маршруты. Она позволяет оце-



нить основные характеристики коммуникационной сети, имеющей различные структуры - от полносвязной до линейной. При этом появляется возможность определить режимы, при которых каждая структура является оптимальной.

Важной особенностью описываемых моделей является то, что соответствующие программы разработаны под руководством автора студентами, обучающимися на кафедре «Вычислительная техника» Самарского государственного технического университета. Они являются результатами научных исследований, выполняемых в СНО. В процессе разработки алгоритмов и программ студенты глубоко изучили соответствующие вопросы и выявили наиболее важные детали структуры и режимов работы моделируемых объектов.

### Литература

1. Таненбаум, Э. Архитектура компьютера: пер. с англ. / Э. Таненбаум.- Изд. 5-е.- СПб., 2010. - 848 с.
2. Хамахер, К. Организация ЭВМ: пер. с англ. / К. Хамахер, З.Вранешич, С. Заки; Сер.: Классика computer science.- Изд. 5-е.; - СПб: Питер, 2003г. - 845 с.
3. Орлов С.П. Организация компьютерных систем: учебное пособие/С.П. Орлов, Н.В. Ефимушкина. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2011. – 188 с.

И.М. Избяков, М.А. Кудрина

### ПРОГРАММА ДВОИЧНОГО НЕРАВНОМЕРНОГО АЛФАВИТНОГО КОДИРОВАНИЯ С РАВНОЙ ДЛИТЕЛЬНОСТЬЮ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИГНАЛОВ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Цель данной работы состояла в разработке программного обеспечения (ПО), позволяющего автоматизировать процесс создания заданий для лабораторных работ по предмету «Теория информации» для студентов, обучающихся по направлению 230100.62 – Информатика и вычислительная техника. Разработанное ПО позволяет составлять задания по теме «Двоичное неравномерное алфавитное кодирование с равной длительностью информационных сигналов», а именно кодировать и декодировать сообщения при помощи различных методов неравномерного кодирования.

При применении неравномерного кодирования символы исходного алфавита кодируются комбинациями символов двоичного алфавита – «0» и «1», длина кодов отдельных символов варьируется в зависимости от вероятности появления символов в первичном алфавите. Длительности элементарных сигналов «0» и «1» при этом равны. Оптимизация кодирования в данном случае происходит за счет того, что символам первичного алфавита, которые встречаются чаще, присваиваются более короткие коды, а символам, встречающимся более редко – более длинные.



Рассмотрим кодовую таблицу для букв русского алфавита (см. табл. 1), используем для построения кода таблицу частотности русских букв из источника [1].

Табл. 1. Коды букв русского алфавита при неравномерном кодировании

| буква  | код     | $p_i$ | $k_i$ | буква | код      | $p_i$ | $k_i$ |
|--------|---------|-------|-------|-------|----------|-------|-------|
| пробел | 000     | 0,145 | 3     | я     | 1011000  | 0,019 | 7     |
| о      | 100     | 0,095 | 3     | ы     | 1011100  | 0,016 | 7     |
| е, ё   | 1000    | 0,074 | 4     | з     | 1101000  | 0,015 | 7     |
| а      | 1100    | 0,064 | 4     | ь, ъ  | 1101100  | 0,015 | 7     |
| и      | 10000   | 0,064 | 5     | б     | 1110000  | 0,015 | 7     |
| т      | 10100   | 0,056 | 5     | г     | 1110100  | 0,014 | 7     |
| н      | 11000   | 0,056 | 5     | ч     | 1111000  | 0,013 | 7     |
| с      | 11100   | 0,047 | 5     | й     | 1111100  | 0,01  | 7     |
| р      | 101000  | 0,041 | 6     | х     | 10101000 | 0,009 | 8     |
| в      | 101100  | 0,039 | 6     | ж     | 10101100 | 0,007 | 8     |
| л      | 110000  | 0,036 | 6     | ю     | 10110000 | 0,006 | 8     |
| к      | 110100  | 0,029 | 6     | ш     | 10110100 | 0,006 | 8     |
| м      | 111000  | 0,026 | 6     | ц     | 10111000 | 0,004 | 8     |
| д      | 111100  | 0,026 | 6     | щ     | 10111100 | 0,003 | 8     |
| п      | 1010000 | 0,024 | 7     | э     | 11010000 | 0,003 | 8     |
| у      | 1010100 | 0,021 | 7     | ф     | 11011000 | 0,002 | 8     |

Разделителем отдельных кодов будет выступать последовательность «00», а разделитель слов (то есть пробел) будет кодироваться последовательностью «000». При таких условиях становятся очевидными особенности построения кодов [1-3]:

- 1) разделитель кодов никогда не существует отдельно, поэтому он сразу включается в конец кода любого символа первичного алфавита;
- 2) разделитель кодов никогда не существует отдельно, поэтому он сразу включается в конец кода любого символа первичного алфавита;
- 3) комбинация двух и более элементарных сигналов «0» внутри одного кода недопустима, так как в противном случае она будет восприниматься как конец символа;
- 4) любой код всегда начинается с «1»;
- 5) разделителю слов «000» всегда предшествует признак конца знака «00», образуя последовательность «00000», таким образом, комбинации «000» и «0000» в конце кода не воспринимаются как разделитель слов, а значит коды могут оканчиваться на «0» и на «00» до признака конца знака «00».

На рисунке 1 приведен пример декодирования сообщения, зашифрованного неравномерным методом.

Код будет считаться оптимальным, если каждый элементарный символ будет передавать максимальную информацию. А это, согласно свойству энтропии, имеет место только в случае равновероятности состояний, поэтому в основе оптимального кодирования лежит требование, чтобы элементарные символы в закодированном тексте встречались в среднем с одинаковой частотой.

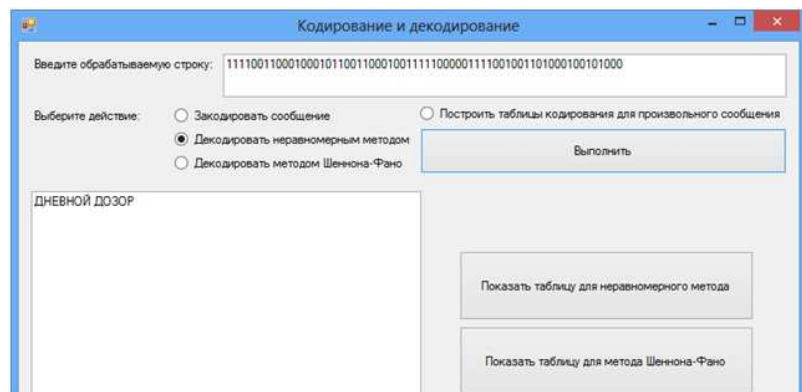


Рис. 1. Декодирование сообщения, закодированного неравномерным методом

В качестве примера такого оптимального метода рассмотрим метод кодирования Шеннона-Фано (см. табл. 2).

Алгоритм, использующийся при кодировании методом Шеннона-Фано [2, 3]:

- 1) выстроить символы в порядке убывания вероятности их появления;
- 2) разделить символы на две приблизительно равновероятные группы, для первой из которых на первом месте комбинации ставится символ «0», а для второй – «1»;
- 3) пока каждое из подмножеств не будет состоять из единственного символа исходного первичного алфавита, каждая полученная группа рассматривается по отдельности, и к ней применяется пункт 2.



Табл. 2. Коды букв русского алфавита при кодировании методом Шеннона-Фано

| буква  | код    | $k_i$ | буква | код       | $k_i$ |
|--------|--------|-------|-------|-----------|-------|
| пробел | 000    | 3     | я     | 110110    | 6     |
| о      | 001    | 3     | ы     | 110111    | 6     |
| е, ё   | 0100   | 4     | з     | 111000    | 6     |
| а      | 0101   | 4     | ь, ъ  | 111001    | 6     |
| и      | 0110   | 4     | б     | 111010    | 6     |
| т      | 0111   | 4     | г     | 111011    | 6     |
| н      | 1000   | 4     | ч     | 111100    | 6     |
| с      | 1001   | 4     | й     | 1111010   | 7     |
| р      | 10100  | 5     | х     | 1111011   | 7     |
| в      | 10101  | 5     | ж     | 1111100   | 7     |
| л      | 10110  | 5     | ю     | 1111101   | 7     |
| к      | 10111  | 5     | ш     | 11111100  | 8     |
| м      | 11000  | 5     | ц     | 11111101  | 8     |
| д      | 110010 | 6     | щ     | 11111110  | 8     |
| п      | 110011 | 6     | э     | 111111110 | 9     |
| у      | 110100 | 6     | ф     | 111111111 | 9     |

На рисунке 2 приведен пример кодирования сообщения неравномерным методом и методом Шеннона-Фано.

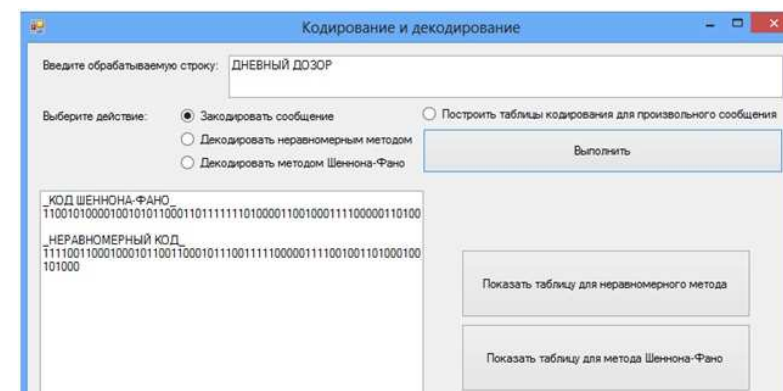


Рис. 2. Кодирование сообщения неравномерным методом и методом Шеннона-Фано

На рисунке 3 приведен пример построения таблиц для неравномерного метода и метода кодирования Шеннона-Фано для произвольного сообщения, а также подсчет таких характеристик построенных таблиц кодов, как энтропия первичного алфавита, среднее число элементарных символов на букву и средняя информация на один двоичный символ



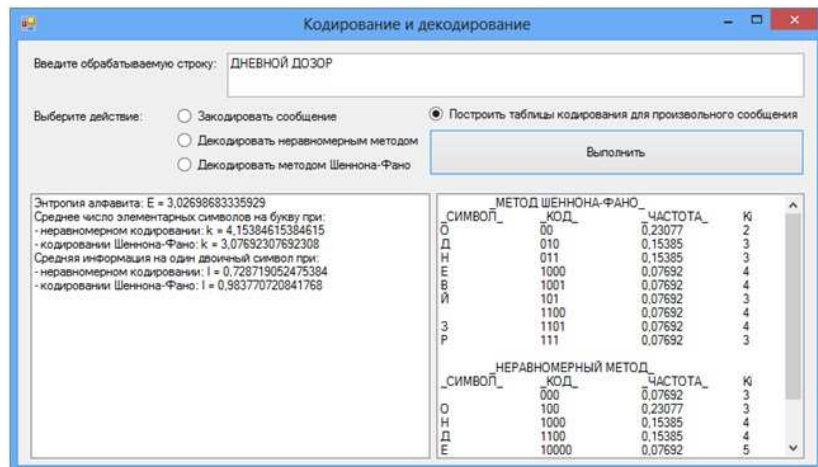


Рис. 3. Построение таблиц кодирования для произвольного сообщения и вычисление их характеристик

Разработанное программное обеспечение позволяет автоматически составлять нужное количество вариантов заданий для лабораторной работы по кодированию по загруженному в .xls таблице набору предложений или в автоматическом режиме по загруженному литературному произведению с выбором предложений необходимой длины. Составляется таблица вариантов для студентов и таблица ключей-ответов для преподавателя.

### Литература

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. — 6-е изд. стер. — М.: Высш. шк., 1999. — 576 с.
2. Шеннон, К. Работы по теории информации и кибернетики / К. Шеннон; пер. с англ. — М.: Иностранная литература, 1963. — 547 с. (С.Е. Shannon. Recent development in communication theory. Electronics. April. 1950).
3. Теория информации и ее приложения (Сборник переводов) Под ред. А.А. Харкевича / М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1959. — 328 с.
4. Фурсов В.А. Лекции по теории информации: Учеб. пособие / Самар. гос. аэрокосм. ун-т. — Самара, 2005. — 137 с.



О.А. Капустина, А.В. Михайлев

## РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО РАЗВИВАЮЩЕГО ПРИЛОЖЕНИЯ НА ПЛАТФОРМЕ ОПЕРАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ANDROID

(Оренбургский государственный аграрный университет,  
Институт управления рисками и комплексной безопасности)

За последние несколько лет уровень спроса на мобильные устройства, а соответственно на мобильные приложения постоянно растет. Пользователями таковых являются различные возрастные группы. Мобильные приложения находят применение, как для развлечения, так и для обучения, в частности в работе [2] показано, что среди подростков активно набирает популярность применение мобильных приложений для домашнего обучения иностранному языку. Кроме того, инновационные методы обучения и развития детей активно внедряются в учреждениях дошкольной образовательной подготовки. [1]

В связи с чем, актуальным является проектирование и разработка детских развивающих приложений.

Для организации процесса обучения английскому языку дошкольников в одном из частных дошкольных образовательных учреждений города Оренбурга используют историю о приключении котенка по имени Кит, который хочет разукрасить радугу, но у него отсутствуют необходимые цвета.

Задача стоит в разработке приложения, в котором в поиске красок котенок встречает своих друзей и получает необходимые цвета. История должна быть реализована в виде картинок, которые можно листать, а при нажатии них должен появляться текст, кроме того при желании пользователя должно происходить озвучивание текста.

После прохождения истории должна быть предусмотрена возможность выполнения двух упражнений. В одном необходимо совместить цвет краски с нужным животным, а в другом разукрасить радугу.

Для реализации проекта была выбрана платформа Android, так как число её пользователей уже превысило отметку в один миллиард [3]. Используя официальное средство разработки Android приложений среду разработки Android Studio базирующаяся на платформе IntelliJ IDEA компании JetBrains, было разработано приложение, которое состоит из нескольких Activity. Activity — это компонент приложения, который выдает экран, и с которым пользователи могут взаимодействовать для выполнения каких-либо действий.

При старте приложения запускается основное Activity, в котором показывается стартовая страница, которая представлена на рисунке 1, а также можно выбрать звуковой режим. Результат выбора сохраняется при помощи класса SharedPreferences, который позволяет оперировать с файлами со специальной структурой (аналоги ini-файлов в Windows). В этих файлах можно сохранять данные. Значения сохраняются в виде пары: имя, значение. Так же на основном





Activity имеется кнопка для запуска истории. В обработчике этой кнопки происходит вызов метода для старта другой Activity с передачей в качестве параметра объекта Intent, в котором указывается класс с показом истории. Так же если указан режим со звуком стартует Service, т.е. компоненты Android, которые работают, как фоновые процессы и представлены классом android.app.Service. Они не имеют пользовательского интерфейса и необходимы в тех случаях, когда не требуется вмешательства пользователя. Сервисы работают в фоновом режиме. Этот сервис нужен для проигрывания фоновой музыки.



Рисунок 1 – Стартовая страница мобильного приложения

Activity с историей реализовано с помощью класса, наследуемого от FragmentActivity. Он позволяет размещать на Activity Фрагменты, то есть классы, наследуемые от класса Fragment. Изначально, фрагменты были реализованы начиная с Android 3.0 для более динамичного проектирования пользовательских интерфейсов. Fragment схож с Activity, у них обоих есть свой собственный жизненный цикл. Однако Fragment не может существовать вне Activity. Можно использовать для одного и того же Activity разные Fragments, что придает гибкость и вариативность в процессе разработки. Каждый фрагмент показывает один эпизод из истории с котенком. В нем происходит процесс загрузки картинки, аудио и текста. Для управления фрагментами используется класс наследник от ViewPager он реализует процесс перелистывания, а также управляет жизненным циклом фрагментов. Для работы этого класса необходим адаптер. Это класс, наследуемый от FragmentStatePagerAdapter. Он определяет тип жизненного цикла фрагмента, также в нем указано число создаваемых страниц. С помощью адаптера во фрагмент передается информация о текущей странице, также возможна передача любой другой вспомогательной информации.

Фрагменты, исходя из информации о текущей странице, загружают нужные картинки, звук и текст. Ещё на фрагментах помещены кнопки для навигации по истории. По достижении конца истории стартует Activity с первым упражнением, вызываемым методом аналогичным методу в обработчике кнопки «Старт».

В Activity с упражнениями, графического представление одного из них представлено на рисунке 2, в качестве источника контента используется класс наследник от View. В конструкторе класса происходит загрузка необходимых



ресурсов: фон, картинки животных, звуковые эффекты. Так же в классе переопределены методы отображения onDraw и обработки касаний onTouchEvent.

В методе отображения onDraw доступен объект класса Canvas (холст) при помощи которого мы получаем доступ к рисованию. Класс Canvas предоставляет методы для рисования, которые отображают графические примитивы на исходном растровом изображении. При этом необходимо сначала подготовить кисть (класс Paint), который позволяет указывать, как именно графические примитивы должны отображаться на растровом изображении (цвет, обводка, стиль, сглаживание шрифта и т.д.). Объекты, которые необходимо нарисовать реализованы в виде классов.



Рисунок 2 - Графического представление первого упражнения

Класс Circle отвечает за отображение окружностей с цветами, которые необходимо переместить на животных или радугу для окрашивания, которые в свою очередь реализованы в виде классов Animals и Rainbow соответственно. Размеры и положение окружностей на экране рассчитываются исходя из разрешения дисплея. Положение сохраняется в HashMap. Благодаря этому, возможно определить какую окружность необходимо перемещать при обработке касаний. Каждая окружность хранит информацию о своем цвете и аудио воспроизводимом при нажатии по ней.

Класс Animals реализует отображение животных. В нем хранится информация о картинке с животным, которое необходимо нарисовать. Размеры, положение, плотность картинки также рассчитываются исходя из разрешения дисплея. Информация о положении сохраняется HashMap, поэтому возможно определить над каким изображением была отпущена перемещаемая окружность. Далее проверяется соответствие цвета окружности и животного и, если соответствие верно происходит разукрашивание картинки путем замены области отображения с неокрашенной на окрашенную. При нажатии на картинку происходит озвучивание цвета и вида животного.

Класс Rainbow помогает в рисовании радуги. Он аналогично классам Animals и Circle рассчитывает и хранит информацию о размерах и положении.

В методе обработки касаний onTouchEvent доступен объект Event. С помощью него возможно определение типа события (касание, перемещение, отпускание) и его координаты. Внутри метода производится определение события и производство нужных действий после каждого действия происходит перерисовка экрана. Также производится отслеживание о завершенности упражнения.



При раскраске всех животных в первом упражнении или всех дуг во втором вызывается действия о необходимости переходе на следующее упражнение или на заключительное Activity.

После завершения прохождения приложения у ребенка закрепляется текстовая звуковая и графическая информация о животных и цветах.

В настоящее время предложенное мобильное развивающее приложение с элементами изучения английского языка используется в образовательном процессе в школе SKILL CLUB English для дошкольной возрастной группы.

### Литература

1. Кокорева М.А., Болотина А.А., Терешкина К.Ю., Чадина Е.Г. Организация процесса обучения и развития детей дошкольного возраста посредством использования игровых приложений для мобильных устройств // Актуальные проблемы современного образования: опыт и инновации материалы научно-практической конференции (заочной) с международным участием. Ответственный редактор А.Ю. Нагорнова. Ульяновск, 2014. С. 26-30.
2. Кочергина П.А. К вопросу об организации домашнего чтения по английскому языку средствами мобильных приложений // На путях к новой школе. 2015. № 3. С. 78-80.
3. Чернышов В.Н. Мобильные технологии в образовании на примере приложения для ОС Android // Математика и ее приложения: фундаментальные проблемы науки и техники. Сборник трудов всероссийской конференции. Алтайский государственный университет. Барнаул, 2015. С. 207-210.

Е.Д. Качура

### КЕЙС-СТАДИ КАК МЕТОД ПОСТАНОВКИ НАДПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ НАВЫКОВ У БУДУЩИХ МЕНЕДЖЕРОВ

(Тольяттинская академия управления)

Одна из наиболее заметных отличительных особенностей настоящего времени заключается в том, что все больше котируются не просто высококвалифицированные менеджеры, а руководители или управленцы, обладающие надпрофессиональными навыками. Такого рода менеджерам необходима определенная надстройка в виде конкретных приемов и навыков. В этом случае менеджерам важно не просто обладать умением обрабатывать логическую информацию или владеть приемами целенаправленного ее преобразования [3], а делать это качественно, не допуская ошибок в своей профессиональной деятельности. Это в свою очередь будет способствовать приобретению будущими менеджерами конкретных профессиональных знаний и навыков и, как результат, эволюционированию их управленческой деятельности. Именно этим обосновывается актуальность постановки надпрофессиональных навыков у будущих менеджеров.



Характеризуя управленческую деятельность разным уровнем ее качественных параметров, а также учитывая возможность ее выполнения с более или менее высокой степенью эффективности, следует задуматься над содержанием подготовки и наиболее качественным методом ее реализации.

В данной статье будет рассмотрен вопрос о выборе наиболее эффективного метода постановки надпрофессиональных навыков, необходимых для этой сферы деятельности, средствами английского языка.

Прежде всего, необходимо определиться с тем, что мы понимаем под «надпрофессиональными навыками». Надпрофессиональные навыки – навыки, которые позволяют повысить эффективность профессиональной деятельности. К надпрофессиональным навыкам, в том числе, относятся: целеустремленность и целенаправленность; владение иностранным языком; умение управлять временем; умение работать в команде (лидерские навыки); умение рефлексии; творческое мышление; способность адаптироваться в изменяющихся условиях; способность к саморазвитию и самообразованию [4].

Что касается менеджеров, надпрофессиональные – это те навыки, применяя которые, менеджер создает вокруг себя особую среду, организует в ней особые процессы, где использование профессионального знания трансформируется из «борьбы за выживание» в творческий процесс, способствующий эффективной самореализации [1], то есть для менеджера процесс управления превращается из ремесла в искусство.

Решение проблемы приобретения будущими менеджерами надпрофессиональных навыков средствами иностранного языка мы видим в использовании в образовательном процессе активных методов обучения, принимая во внимание тот факт, что в данном случае образование должно быть сугубо практико-ориентированным. Ярким представителем активных методов обучения, особенно, что касается процесса обучения на иностранном языке, выступает метод конкретных ситуаций (Case Study).

Следует также помнить о четкой последовательности этапов реализации кейс-стади, как инструмента постановки надпрофессиональных навыков. Каждый этап обладает своей спецификой и продолжительностью:

Подготовительный этап, включающий введение будущих менеджеров в ролевую ситуацию (определение сюжета, ролевых взаимодействий), ознакомление их с вопросами для обсуждения или проблемой; подготовка необходимого языкового и речевого материала в соответствии с ситуацией и сюжетом, фиксация целей кейса.

Основной этап – реализация сюжетного замысла в соответствии с темой и принятыми нормами устного общения на данном иностранном языке. При этом успех во многом обусловлен наличием адекватных ролевых предписаний внутри рабочей группы.

Заключительный этап предполагает оценку преподавателем или тренером деятельности будущих менеджеров, анализ лингвистического, коммуникативного и поведенческого характера, поощрение отдельных ее участников, общие выводы и дальнейшие рекомендации [2].



Особенность использования кейс метода на занятиях по английскому языку состоит в том, что будущим менеджерам в мини-группах необходимо проанализировать реальную управленческую ситуацию, учитывая всю сложность, проблематичность, экономическую значимость для процесса конкретной, реально существующей компании, принять управленческое решение, осознав специфику дальнейшего развития данной организации, а также те риски, которые повлечет за собой решение обозначенной проблемы; спрогнозировать возможные трудности.

Мы полагаем, что именно кейс-стади – наиболее эффективный метод постановки надпрофессиональных навыков у будущих менеджеров, поскольку именно метод конкретных ситуаций позволяет наиболее быстро и качественно сформировать и умение работать в команде (работа над кейсом проходит в мини-группах); и умение управлять временем (для решения проблемы, обозначенной в кейсе отводится четко ограниченное количество времени); и умение рефлексировать (это не что иное, как анализ и осмысленное изменение каких-либо параметров для получения желаемого результата); и творческое мышление, поскольку приходится использовать нетривиальный подход при решении конкретной задачи.

#### Литература

1. БизнесБодхиПравда #15. Беседы о менеджменте [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://subscribe.ru/archive/economics.school.bbp/20200411/11003912.html> [Дата обращения 21.03.2016].
2. Климова, Е.Д. Технология развития критического мышления будущих менеджеров в профессионально-ориентированной подготовке к деловому общению [Текст]: дис. ... канд. пед. наук. / Е.Д. Климова. – Самара, 2013. – 192 с.
3. Климова, Е.Д. Формирование навыков принятия управленческих решений у студентов, будущих менеджеров, средствами иностранного языка // Сибирский педагогический журнал. – 2012. – № 4/ – С. 145
4. Рогова, Н.А. Коммуникативная компетенция педагога начального общего образования в процессе повышения квалификации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pedagogika.snauka.ru/2014/07/2523> [Дата обращения 21.03.2016].

А.Б. Кузьмичев

#### АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАЗРАБОТКИ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФГОС

(Тольяттинский государственный университет, г. о. Тольятти)

Особенностью федерального образовательного стандарта третьего поколения является перенос акцента образовательного процесса с преподавателя и содержания дисциплины на подготовку основных сведений по образовательно-



му процессу в виде основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) [3]. Для этого по каждому направлению обучения и дисциплине обучения должен быть сформирован комплекс учебно-методической документации, который тоже должен быть взаимно увязан с требованиями ФГОС [2].

Целью этого подхода является создание такой технологии образовательного процесса, которая позволит студенту практически самостоятельно получить ожидаемые результаты образования по выбранному направлению.

При этом с точки зрения Министерства образования в учебном заведении образовательный процесс эффективен и соответствует требованиям руководящих документов, только если учебное заведение имеет полный пакет документов по ОПОП [3].

Предпосылки данной работы:

1. Отсутствие какой либо реальной автоматизированной системы по устранению рутинной работы при разработке основных сведений и документов по основной профессиональной образовательной программе (ОПОП) в соответствии с требованиями ФГОС. Это приводит к тому, что большую часть рабочего времени разработчики ОПОП (преподаватели, заведующие кафедр, методисты кафедр и т.д.) тратят на непроизводительный труд слабо связанный с их научной и педагогической квалификацией.
2. Отсутствие на фоне всеобщего массового требования о повышении качества образования элементарного автоматизированного контроля непротиворечивости сведений в документах по ОПОП и их соответствия требованиям ФГОС.

Для обеспечения в вузе однозначности требований ФГОС к соответствующим конечным результатам обучения приходится выполнять огромную работу по взаимной увязке видов профессиональной деятельности, профессиональных задач, компетенций, дисциплин обучения и результатов освоения компетенций. Решение поставленной задачи традиционным "ручным" подходом приводит к появлению всевозможных ошибок во взаимной увязке документов и увеличению затрат рабочего времени до значительных величин.

Цель данной разработки создать открытое для доступа и использования алгоритмическое и программное обеспечение по реализации автоматического и автоматизированного составления основных документов для информационной поддержке ОПОП в соответствии с требованиями ФГОС и Министерства образования. При этом с точки зрения автора публикации и разработки серьезной научной составляющей, кроме как для педагогической науки, в данной работе нет, и она служит только для устранения возникшего противоречия в технологии организации образовательного процесса с современным Российском образовании [4].

Для решения поставленной задачи надо разработать и внедрить автоматизированную систему документооборота по данной предметной области. Но ее создание и запуск сопряжено со значительными финансовыми и временными затратами.



Для разработки новой технологии и системы автором использовал клиент-серверную архитектуру на базе персональной СУБД с SQL сервером. Это позволило оперативно выполнять разработку технологии работы и реализовывать ее в автоматизированной информационной системе. В реализованной системе выполняется структурирование требований ФГОС к образовательному процессу, проверка всех сведений на взаимную согласованность и обеспечение хранения основных учебно-методических документов по ОПОП и образовательному процессу направления обучения.

Данная разработка является инициативной и была апробирована в рамках разработки новой ОПОП на кафедре Прикладной математики и информатики в Тольяттинском государственном университете. Она позволила оперативно формировать основные документы по ОПОП и снизить затраты на трудовые ресурсы и время по подготовке ОПОП. В разработанной системе все сведения по образовательному процессу хранятся в структурированной виде, что позволяет выполнить их проверку на соответствие заданным требованиям к качеству ОПОП, например с использованием теории нечетких множеств [5].

#### Литература

1. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации (Минобрнауки России) от 19 декабря 2013 г. N 1367 г. Москва "Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры".
2. Приказ Министерства образования и науки РФ № 109 от 10 февраля 2010 г. «О задачах высших учебных заведений по переходу на уровневую систему высшего профессионального образования».
3. Письмо Министерства образования и науки РФ № 03-956 от 13 мая 2010 г. «Разъяснения разработчикам основных образовательных программ для реализации федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования».
4. О подходе к проверке соответствия ООП требованиям ФГОС и реализации учета сведений и документов по направлениям обучения (тезисы). Реализация инноваций и актуал. проблемы проф. образования в современном обществе : сб. тез. - Тольятти : ПВГУС, 2013.
5. Самооценка системы менеджмента качества с использованием теории нечетких множеств Седов В.А., Седова Н.А. Программные системы и вычислительные методы. 2014. № 4. С. 456-463.



Е.В. Куковьякина

## ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА, ВНЕДРЕННОЙ В IT-КОМПАНИЮ

(Тольяттинская академия управления)

Сейчас, в 21 веке происходит развитие информационных технологий (далее – ИТ) с невероятной скоростью. Появляется огромное количество компаний, занимающихся разработкой программного обеспечения (далее – ПО). На рынке информационных технологий уровень конкуренции растет с каждым днем. Поэтому ИТ-компании все чаще задумываются о том, как же повысить эффективность своей деятельности и привлечь больше клиентов.

Один из способов – внедрение системы менеджмента качества в организацию. Данная система поможет оптимизировать деятельность, сократить затраты и повысить качество предоставляемых услуг.

Как правило, организации, предоставляющие ИТ-услуги, проектно-ориентированы, и имеют свою специфику в деятельности.

Во-первых, чаще всего услугами таких компаний является разработка ПО и информационных систем. Каждый такой проект разрабатывается под требования заказчика. Очень важен принцип «Ориентация на потребителя». Продукт разработки должен соответствовать всем требованиям заказчика. Тогда можно считать, что продукт получился качественным.

Во-вторых, управление ресурсами ИТ-компании также отличается. Основными ресурсами являются человеческие ресурсы. Специалист, обладающий компетенциями и навыками, необходимыми для разработки ПО, соответствующего требованиям потребителя, играет главную роль в этой компании. Однако эффективность деятельности организации зависит не только от квалификации сотрудников, но и в их заинтересованности в работе над проектами в этой компании.

В-третьих, учитывая индивидуальность каждого заказа, невозможно детально описать деятельность организации, так как для реализации проекта могут потребоваться разные ресурсы, начиная от программного и заканчивая аппаратным обеспечением, разные методы и технологии работ. Необходимо проанализировать деятельность и выделить этапы проектов: получение заказа, расчет сметы, подписание договора и т.д. Унификация и описание данных процессов и формирование документации, по которой будет организована работа, позволит снизить временные затраты и избавит от необходимости думать, какое действие должно быть следующим. Это в свою очередь снизит вероятность пропустить какое-либо действие.

Для создания качественного продукта очень важна обратная связь с потребителем, так как отзыв заказчика является входом в процесс анализа и постоянного улучшения. На схеме 1 показано влияние мнения заказчика о работе



с компанией на организацию деятельности: при получении отрицательного отзыва или предложения от клиента производится анализ и принимается решение о внедрении изменений в процессе или применении другого метода работ.

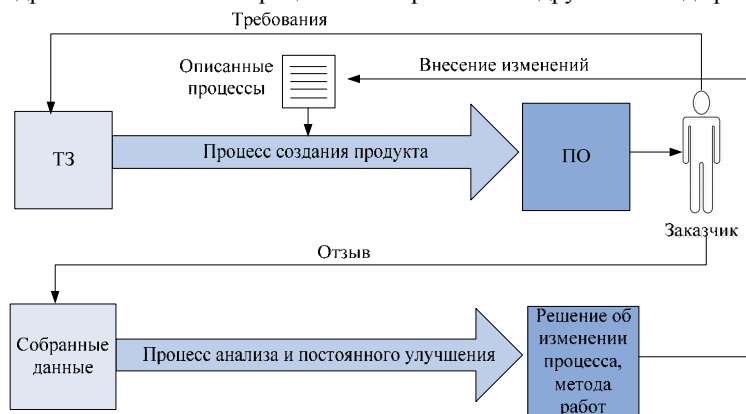


Схема 1 Влияние отзывов потребителей на организацию деятельности в компании

Также аналитики компании обязательно должны отслеживать тренды и тенденции сферы. Только постоянный анализ изменений на рынке и своевременное реагирование на них позволит организации оставаться конкурентоспособной и соответствовать требованиям клиента.

Таким образом, внедрение системы менеджмента качества в IT-компанию позволит упростить как процессы производства и реализации продукции, так и взаимодействие с заказчиками. Через некоторое время СМК может стать неотъемлемой частью организации. В данном случае повысится результативность и эффективность деятельности организации в целом. Это можно будет проследить в снижении затрат, уменьшении времени, необходимом для производства продукта, а, следовательно, это время можно задействовать на разработку еще одного проекта. Внедрение СМК – долгосрочный проект, не стоит ждать немедленного решения всех проблем компании. Но в условиях вовлеченности всех сотрудников этот проект даст свои плоды.

### Литература

1. ГОСТ Р ИСО 9001-2008. Системы менеджмента качества. Требования [Электронный ресурс]: введен в действие Приказом Росстандарта от 22.12.2011 N 1575-ст – Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=145824> (22.03.2016).
2. Савин, К. Н. Система менеджмента качества на предприятиях, разрабатывающих IT-технологии [Текст] / К. Н., О. А. Сажнева // Вестник Тамбовского государственного технического университета. — 2011. — № 3. — С. 832—835.



О.П. Михеева

### ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧЕНИЯ

(Тольяттинский государственный университет)

Обучение посредством сетевых технологий является объективной реальностью современного педагогического процесса. Несмотря на возрастающую популярность и актуальность данного образовательного направления в Российской Федерации, до сих пор не создан понятийно-терминологический аппарат, полностью регламентирующий теоретическую концепцию электронного обучения в нашей стране. На сегодняшний день разработаны и утверждены документы, устанавливающие основные термины и определения в области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ) в образовании, на которые рекомендовано ссылаться во всех видах документации и литературы в области ИКТ в образовании.

Общие понятия утверждены в ГОСТ Р 52653-2006 «Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Термины и определения» [1] и Федеральном законе N11 от 28 февраля 2012 г. «О внесении изменений в Закон Российской Федерации «Об образовании» в части применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий» [2].

Так, согласно ГОСТ Р 52653-2006 под **электронным обучением** (e-learning) понимается обучение с использованием информационно-коммуникационных технологий. В ФЗ №11 дается более подробное описание термина: «Под **электронным обучением** понимается организация образовательного процесса с применением содержащейся в базах данных и используемой при реализации образовательных программ информации и обеспечивающих ее обработку информационных технологий, технических средств, а также информационно-телекоммуникационных сетей, обеспечивающих передачу по линиям связи указанной информации, взаимодействие участников образовательного процесса» [2].

Согласно стандарту **дистанционные образовательные технологии ДОТ** (distant learning technology) – это образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационных и телекоммуникационных **технологий** при опосредованном (на расстоянии) или частично опосредованном взаимодействии обучающегося и педагогического работника [1]. В ФЗ №11 определение ДОТ отредактировано в направлении применения сетей в образовательном процессе: «Под дистанционными образовательными технологиями понимаются образовательные технологии, реализуемые в основном с применением информационно-телекоммуникационных **сетей** при опосредованном (на расстоянии) взаимодействии обучающихся и педагогических работников» [2]. **Сетевое обучение** (on-line learning) – это обучение при помощи информационно-коммуникационной сети [1].



Таким образом, можно считать, что основополагающие понятия отрасли законодательно закреплены. Но, пока отсутствуют целостная концепция электронного обучения, общепринятый терминологический аппарат, требования к качеству электронных образовательных ресурсов (ЭОР). Кроме того, не определена терминология современных трендов электронного обучения, таких как массовый открытый онлайн-курс (massive open online course), геймифицированное обучение (game-based learning), пользовательский мультимедийный контент (custom multimedia content) и другие. Отсутствие стандартизированных понятий затрудняет деятельность педагогов-практиков, методистов, исследователей при формировании методологического и методического аспектов электронного обучения.

В связи с отсутствием целенаправленной государственной политики в области электронного и дистанционного обучения по обеспечению его качества и конкурентоспособности, специалисты данной сферы действуют интуитивно, исходя из собственного понимания и опыта. Для формулировки необходимых понятий используется метод контент-анализа. При контент-анализе исследователь анализирует разные контексты и определяет характерные признаки понятия, данные в разных источниках. Контент-анализ позволяет каждому автору предложить собственную формулировку понятия, возможно не всегда адекватную имеющейся проблеме. Но, при полном отсутствии стандартизированных понятий, метод контент-анализа является единственным способом определения терминов.

Таким образом, проблема несформированности понятий электронного обучения дополняется проблемой неоднозначности трактования, когда один термин имеет несколько трактовок, не всегда близких по смыслу. При определении вводимого понятия авторы ссылаются на известных и авторитетных авторов, но цитируемые работы не являются официальными источниками информации, а значит их нельзя рекомендовать для использования в документации и литературе в области ИКТ в образовании. Тем не менее, за отсутствием официально утвержденного понятия, допускается использование авторской формулировки термина.

С 2008 года массовые открытые онлайн-курсы стали обязательным атрибутом современного образования, но в РФ до сих пор не дано его определение. Сформулируем понятие «массовый открытый онлайн-курс (МООК)», используя метод контент-анализа зарубежных и российских источников информации по массовому обучению. **Массовый открытый онлайн-курс (МООК)** – это форма электронного обучения на базе открытого (общедоступного) интернет-курса с использованием электронного образовательного мультимедийного контента, интерактивного взаимодействия пользователей и поддержки сообщества преподавателей, ассистентов и студентов, при массовом участии последних.

Исходя из предложенного определения МООК, попытаемся ответить на самый популярный вопрос об отличии курсов, реализуемых по дистанционной образовательной технологии и курсов по технологии МООК.



Структура любого курса, в том числе и электронного, включает пять взаимосвязанных и дополняющих друг друга блоков: информационного, тренингово-практического, коммуникационного, организационного, контролирующего. Каждый вид курса имеет характерные особенности, присущие только данному типу. В тоже время, прослеживается тенденция к многомерности отдельных характеристик, то есть один и тот же критерий свойственен как одному, так и другому типу. Отличительные особенности массового онлайн-курса и дистанционного курса приведены в таблице.

Таблица 1. Отличительные особенности МООК и курса ДОТ

| МООК                                                                                                                                                                               | Дистанционный курс                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Организационный блок</b>                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                           |
| Технологический дизайн, который способствует распространению деятельности участников через одну или несколько платформ                                                             | Используется платформа электронного обучения (LMS) с заданным количеством функций и структур, предназначенных для взаимодействия с преподавателями                        |
| Открытая среда                                                                                                                                                                     | Закрытая среда                                                                                                                                                            |
| Бесплатный доступ                                                                                                                                                                  | Доступ после оплаты регистрационного взноса                                                                                                                               |
| Массовое участие. Количество слушателей до 100 000 человек                                                                                                                         | Ограниченная группа. Количество слушателей 1 группа 10-25 человек                                                                                                         |
| Личностно-ориентированное обучение. Студенты несут ответственность за свое собственное обучение, выстраивают собственную траекторию обучения, распределяют время на изучение курса | Траектория курса сформирована педагогом. Сроки обучения регламентированы, их нарушение накладывает штрафные санкции, которые приводят к отчислению с курса и потере денег |
| <b>Тренингово-практический блок</b>                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                           |
| Вариативность обучения и выполнения заданий. Время на изучение материала слушатель определяет в зависимости от своих предпочтений                                                  | Время на изучение материала строго регламентировано                                                                                                                       |
| Получаемые знания и навыки являются дополнительным обучением или развитием личных навыков                                                                                          | Обучение направлено на профессиональное обучение, повышение квалификации с верифицированным удостоверением                                                                |
| <b>Коммуникационный блок</b>                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                           |
| Поддержка сообщества курса и создание комьюнити курса                                                                                                                              | Поддержка профессорско-преподавательского состава                                                                                                                         |
| Диапазон средств связи, использование социальных сетей                                                                                                                             | Связь через дебаты в форумах                                                                                                                                              |
| Выполнение заданий курса через их обсуждение и взаимодействие с уча-                                                                                                               | Обсуждение заданий и взаимопомощь не приветствуется                                                                                                                       |





|                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| стниками курса                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                          |
| Контролирующий блок                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                          |
| Акцент на процесс обучения, а не оценки и сертификаты                                                                                                                                                                        | Ориентированность на оценки и сертификаты                                                                                                                |
| Используется взаимооценивание и самооценивание                                                                                                                                                                               | Оценивание проводит преподаватель курса                                                                                                                  |
| Возможность спроектировать и спрогнозировать успеваемость через выбор заданий и оценки за их выполнение                                                                                                                      | Необходимо выполнить все задания курса для получения зачета                                                                                              |
| Возможность автоматической проверки заданий                                                                                                                                                                                  | Автоматически проверяется и оценивается только тест                                                                                                      |
| Информационный блок                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                          |
| Использование различных онлайн-ресурсов для представления учебного материала и выполнения заданий                                                                                                                            | Ресурсы ограничены предоставляемой платформой LMS                                                                                                        |
| Информационная перегрузка. Требуется изучить большой объем дополнительной информации                                                                                                                                         | Учебная информация дается дозированно, небольшими порциями                                                                                               |
| Ориентация на мультиязычность. Курс могут изучать слушатели разных стран, говорящие на различных языках. Требуется дополнительные ресурсы: видео ролики с титрами, текстовые материалы с текстами видео лекций и презентаций | Аудитория курса разговаривает на одном языке, материалы курса не нуждаются в дополнительном обеспечении (если только курс не проводится для людей с ОВЗ) |

Работа над созданием терминологического аппарата электронного обучения требует осмысления и совместной деятельности правительства, законодателей, ученых, методистов, преподавателей-практиков, представителей бизнеса. Только совместными усилиями можно разработать эффективное и конкурентоспособное научно-методическое обеспечение электронного обучения, самого востребованного тренда в образовании способного решать проблемы современного информационного общества.

#### Литература

1. ГОСТ Р 52653-2006 «Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Термины и определения» Минск : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; М. : Изд-во стандартов, сор. 2006. – 13 с.
2. Федеральный закон Российской Федерации от 28 февраля 2012 г. N 11-ФЗ "О внесении изменений в Закон Российской Федерации "Об образовании" в части применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий ". Принят Государственной Думой 14 февраля 2012 года.



Е.С. Молчанова

## АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗДАНИЙ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

(Российский государственный социальный университет)

**Актуальность исследования.** На сегодняшний день, в эпоху компьютеризации и глобализации в общем, большие объемы информации и возможности по ее представлению большим потенциалом обладают электронные носители нежели бумажные.

Одним из приоритетных направлений процесса информатизации современного общества является информатизация образования. Данное направление представляет собой упорядоченную совокупность методов, программно-технических средств и процессов, которые предоставляют возможность собирать, обрабатывать, хранить, использовать и распространять любые объемы информации в интересах ее конечных потребителей. Целью информатизации является глобальная интенсификация интеллектуальной деятельности путем применения современных компьютерных и телекоммуникационных технологий.

Информационные технологии, внедряемые в учебный процесс, должны быть качественно обоснованными и заключаться не в повсеместной замене традиционных методов образования, а в их дополнении. Тем не менее, профессиональная подготовка будущих специалистов, которая осуществляется с применением электронных учебно-методических комплексов, оказывается более эффективной, способствует развитию творческих способностей учащихся и позволяет научить их самостоятельному мышлению и работе с учебным материалом. В дальнейшем это способствует непрерывному профессиональному совершенствованию специалистов в течение всей жизни.

Переход к новой образовательной концепции, призванной стать основой для внедряемой в XXI веке системы образования, должен происходить в нескольких направлениях. Основными из таких методов являются:

- Фундаментализация образования на всех уровнях.
- Реализация концептуально нового опережающего образования.
- Повсеместное применение методов развивающего и инновационного образования, основанное на использовании информационных технологий.
- Развитие системы дистанционного образования и непрерывная информационная поддержка учебного процесса, осуществляемая с применением информационных и телекоммуникационных технологий.
- Повышение доступности перспективного и качественного образования.

В условиях информационного общества приоритет в обучении отдается не усвоению знаний, а получению информации с использованием различных телекоммуникационных систем.



В настоящее время разработка электронных учебных изданий, таких как электронные пособия, учебники, тесты и учебные курсы в целом, является актуальным направлением в развитии образовательных информационных технологий. В учебном процессе применяются как обучающие, так и тестирующие программы по различным дисциплинам.

Исследования, проведенные в области применения электронных учебных изданий по всевозможным дисциплинам, показывают, что их использование позволило повысить интерес к изучаемому предмету, а как следствие успеваемость по данной дисциплине. Комплекс обучающих и тестирующих программ с использованием мультимедиа технологий предоставляют возможность обучаемому, независимо от уровня подготовки, принимать участие в образовательном процессе, а также индивидуализировать свой процесс изучения дисциплины и осуществлять самоконтроль.

Создание электронных учебно-методических пособий (ЭУМП) является достаточно сложным делом, поскольку ЭУМП – это завершённый работающий продукт, обладающий заявленными свойствами и характеристиками и отвечающий современным учебно-методическим требованиям. Разработка ЭУМП предполагает тщательный анализ содержания учебной дисциплины и классификацию учебного материала для дальнейшего его представления по разделам, согласно структурно-логической модели электронного учебно-методического пособия, с использованием передовых информационных технологий.

**Эффективное использование государственных денежных средств, выделенных на обновление библиотечного фонда высшего учебного заведения.** На сегодняшний день разработка электронных учебно-методических пособий (ЭУМП) является перспективным направлением обеспечения учебного процесса при очном, заочном и дистанционном образовании. ЭУМП сочетает в себе все возможности аналогичного бумажного издания, а также помимо этого включает преимущества электронных изданий: использование гиперссылок, инструментов контроля знаний, мультимедиа-технологий и других.

Достоинства ЭУМП:

- Стоимость разработки ЭУМП меньше стоимости комплекта бумажных аналогов.
- Количество имеющихся в библиотечном фонде экземпляров бумажных изданий ограничено, в отличие от свободно распространяемой внутри ВУЗа копии ЭУМП.
- Использование ЭУМП можно осуществить с любого ПК, нет необходимости носить громоздкие книги с собой (вес флешки не сопоставим с весом профессиональной/ специализированной книги).
- Для работы с ЭУМП может быть использована минимальная конфигурация ПК, вне зависимости от установленной на нем операционной системы, которая имеется в продаже на сегодняшний день.
- Стоимость обновления устаревшей информации (контента) в ЭУМП незначительна.



- ЭУМП позволяет разнообразить способы представления материала, сделав тем самым процесс изучения дисциплины более интересным, а процесс обучения более эффективным.
- ЭУМП позволяет пользователю (студенту) индивидуализировать свою работу и контролировать усвоение материала средствами контроля знаний.

Использование ЭУМП дает возможность ВУЗу обеспечить каждого студента необходимой литературой в объеме, предусмотренном учебным планом дисциплины. Для визуализации материальной выгоды от внедрения ЭУМП можно привести следующий пример.

Для оснащения группы студентов учебной литературой по заданной дисциплине требуется 25 экземпляров учебных изданий (по количеству студентов в группе, изучающих соответствующую дисциплину). Стоимость 1 экземпляра учебного издания составляет 1331 рубль, т.е. оснащение данной группы студентов учебной литературой составляет:

$$1331 \text{ рубль} * 25 \text{ экземпляров} = 33275 \text{ рублей.}$$

Стоимость же ЭУМП неизменна вне зависимости от количества копий и составляет сумму, затраченную на разработку (в рамках выполнения выпускной квалификационной работы разработка производится на безвозмездной основе).

Вышеприведенный пример наглядно показывает материальную выгоду перехода от бумажных учебных изданий к электронным учебно-методическим пособиям (ЭУМП).

В век информационных технологий необходимо разумно использовать накопленные человечеством и приумножающиеся каждую минуту знания и сохранять истощающиеся не возобновляемые природные ресурсы. ЭУМП позволяет воплотить в реальность оба тезиса: применять и передавать знания, используя современные технологии, не прибегая при этом к вырубке лесов, как в случае использования бумажных изданий.

Описанные концепции информатизации образования можно продемонстрировать на основе разработанного мною электронного учебно-методического пособия по дисциплине «Архитектура информационных систем» (ЭУМП «АрхИС»). Практическая ценность заключается в том, что оно может использоваться в учебном процессе и быть полезным в изучении соответствующей дисциплины студентам направления 09.03.02 – информационные системы и технологии. ЭУМП может применяться студентами очного, заочного, дистанционного обучения.

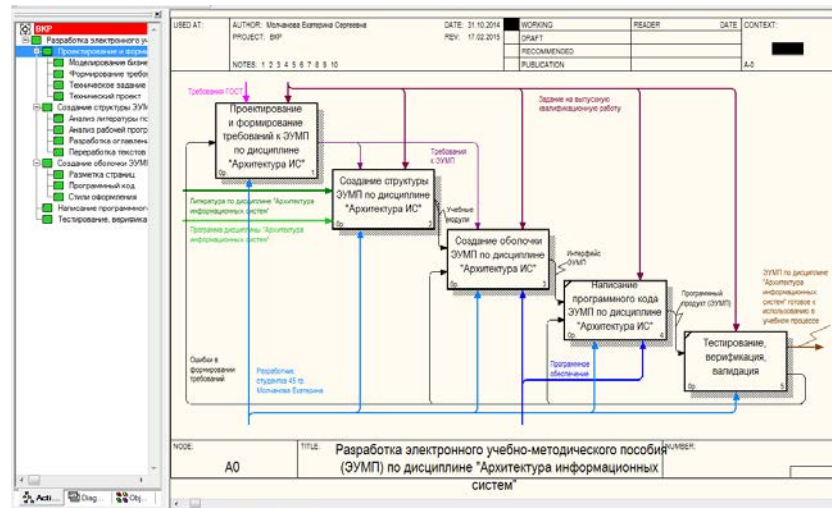


Рисунок 1. Диаграмма декомпозиции A0

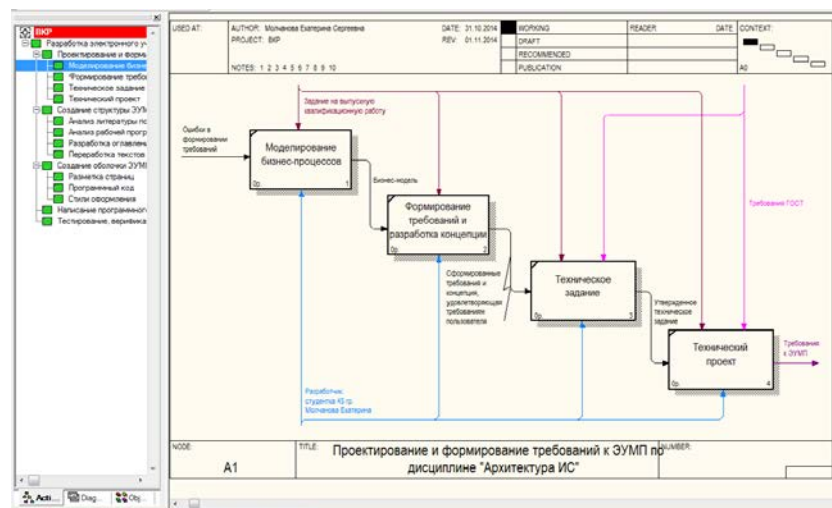


Рисунок 2. Диаграмма декомпозиции A1

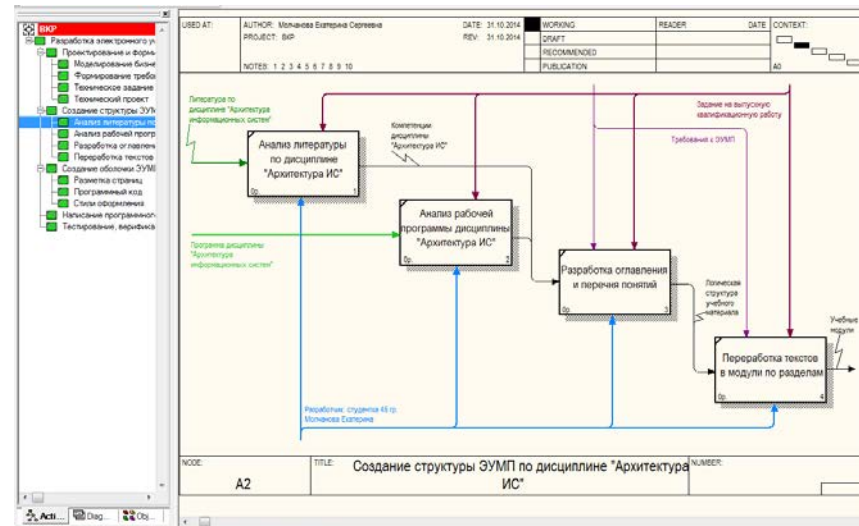


Рисунок 3. Диаграмма декомпозиции A2

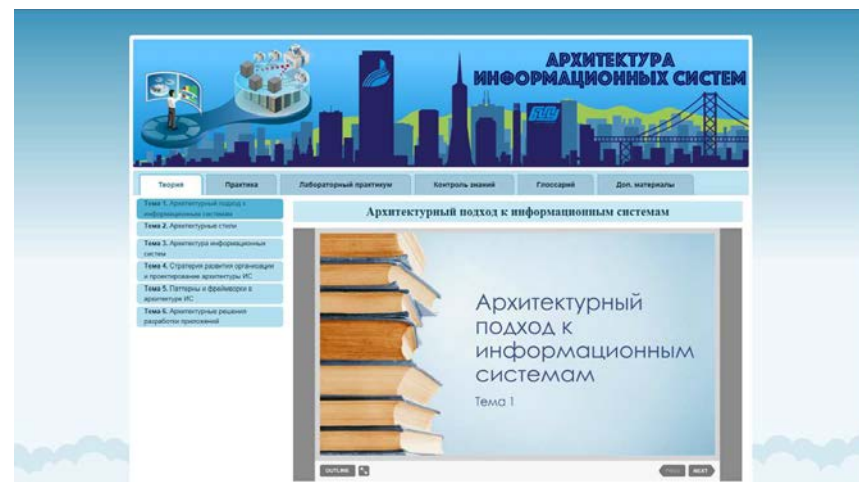


Рисунок 4. Скриншот раздела «Теория» ЭУМП «АрхИС»



риалов науч.-практ. конф. «Информационная среда ВУЗа XXI века». – Режим доступа:  
[http://www.ict.edu.ru/vconf/index.php?a=vconf&c=getForm&r=thesisDesc&d=light&id\\_sec=285&id\\_thesis=10455](http://www.ict.edu.ru/vconf/index.php?a=vconf&c=getForm&r=thesisDesc&d=light&id_sec=285&id_thesis=10455), свободный.

Г.В. Муравьева

## ДЕЛОВАЯ ИГРА «ПЕРЕГОВОРЫ» КАК СРЕДСТВО ПРАКТИЧЕСКОЙ ПОСТАНОВКИ НАВЫКОВ ДЕЛОВОГО ОБЩЕНИЯ

(Тольяттинская академия управления)

Сотрудники любой компании на переговорах являются участниками делового общения, успех каждого из них и организации в целом во многом зависит от соблюдения участниками правил коммуникации и делового этикета. Бизнес делают люди, обладающие не только знаниями и умениями, но и эмоциями. Несдержанность всегда вызывает в ответ негативные чувства и часто приводит к возникновению конфликта. В то же время имидж доброжелательного и тактичного партнера помогает добиться успеха в самых трудных переговорах.

Цель деловых переговоров – найти взаимовыгодное решение, избежать конфликта в сложной ситуации.

В реальной жизни переговоры часто заходят в тупик, когда партнеры игнорируют коммуникативные правила ведения деловых встреч и не имеют заранее разработанного плана действий с учетом наихудшей и наилучшей альтернативы предлагаемого соглашения.

Обучение технологии проведения переговоров – одна из важнейших задач для студентов любых специальностей, потому что в переговорах принимают участие, не только менеджеры, но и экономисты, юристы, инженеры.

В теоретической части курса «Организация и проведение переговоров» необходимо дать представление об этапах, стилях и стратегии ведения переговоров, о распределении ролей в команде «переговорщиков».

Стиль переговоров может быть мягким (партнеры ведут себя как друзья, хотя добиться соглашения, поэтому легко меняют свою позицию и часто идут на уступки) и жестким (участники ведут себя как противники, не идут на уступки, но требуют этого от партнера, не доверяют партнеру, давят на него).

В первом случае хорошие отношения между партнерами сохраняются, но проигрывает бизнес, во втором случае исключается дальнейшее сотрудничество.

Наиболее предпочтителен Гарвардский стиль ведения переговоров, при котором участники анализируют интересы друг друга, ищут общее взаимовыгодное решение, уступают доводам, а не давлению. Даже если не удастся прийти к соглашению на первой встрече, хорошие отношения между участниками переговоров сохраняются.



Рисунок 5. Скриншот раздела «Лабораторный практикум» ЭУМП «АрхИС»

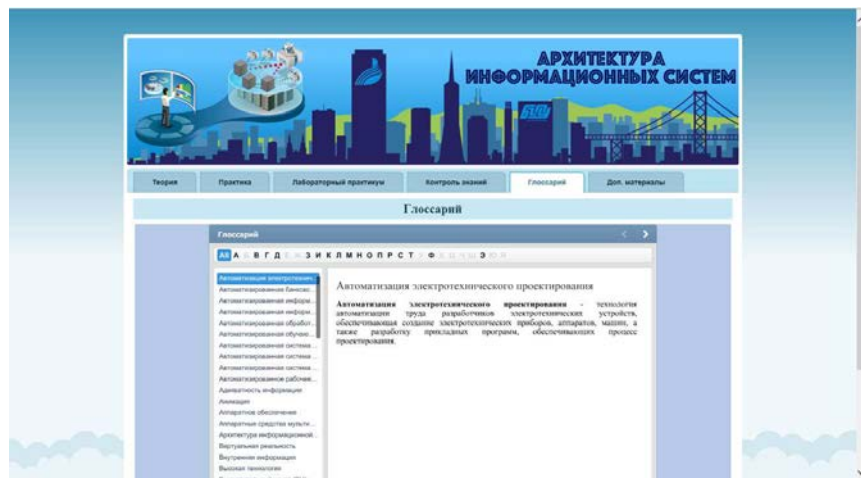


Рисунок 6. Скриншот раздела «Глоссарий» ЭУМП «АрхИС»

### Литература

1. Беспалько, В.П. Образование и обучение с участием компьютеров [Текст] / В.П. Беспалько – М.: Изд. Московского психолого-социального института, 2002. – 352 с.
2. Вуль, В.А. Электронные издания [Текст]: учебник / В.А. Вуль. – М.-СПб.: Петербургский институт печати, 2001. – 308 с.
3. Жарый, С.В. Новые информационные технологии в учебном процессе высшего учебного заведения [Электронный ресурс] / С.В. Жарый // Сб. мате-



При выборе командой переговорщиков стиля ведения переговоров определяется их стратегия: «win-lose» (выигрыш – проигрыш), «win-win» (двойной выигрыш), или «lose-lose» (двойной проигрыш, когда команды не смогли договориться друг с другом и дальнейшее сотрудничество не возможно).

Отдельного внимания заслуживают невербальные средства общения, правила делового этикета, разработка программы переговоров и подготовка помещения. В переговорах нет мелочей, все имеет значение: температурный режим в комнате, рассадка участников за столом и даже степень освещенности помещения.

Главной проблемой высшего образования является разрыв между теоретическими знаниями и практическими компетенциями студентов. Недостаточно изучить теорию проведения переговоров, не имея опыта участия в них, невозможно в будущем добиться успеха.

Для отработки практических навыков можно симитировать реальную ситуацию – переговоры – в деловой игре, выступающей в роли тренажера, на котором моделируются различные варианты поведения участников.

Целесообразно провести серию игр «Переговоры» с одной и той же группой студентов по разным сценариям:

1. Переговоры между двумя российскими компаниями.
2. Переговоры между российской и иностранной компанией.
3. Переговоры между двумя иностранными компаниями.

Игра по первому сценарию – самый простой вариант поиска взаимопонимания между собеседниками, потому что партнеры придерживаются одних и тех же культурных традиций, им проще понять друг друга.

Перед проведением игры по второму и третьему сценариям необходимо рассказать студентам об особенностях кросс-культурных коммуникаций и о нюансах работы с переводчиком.

Одной из причин непонимания друг друга в кросс-культурном общении является убеждение, что межкультурные различия не заслуживают внимания, главное – результат.

Между тем очень интересное разделение культур предложил Р. Льюис. Он поделил их на моноактивные, полиактивные и реактивные.

Моноактивные – культуры, в которых принято планировать свое расписание, педантичные и пунктуальные. Типичные представители – немцы, швейцарцы. Для них главное – время и результат.

Полиактивные – эмоциональные, привыкшие делать много дел сразу, любители диалога. Типичные представители – итальянцы, латиноамериканцы. Главное для них – общение и результат.

Реактивные – культуры, придающие наибольшее значение вежливости, терпеливые и внимательные. Типичные представители – китайцы, японцы. Главное для них – поддержка имиджа и результат.

Другой проблемой в кросс-культурном общении являются стереотипы и предубеждения по отношению к определенному национальному характеру, то



есть мы приписываем представителю другой нации некий набор качеств и это мешает объективному восприятию партнера.

Очень важно перед проведением деловой встречи изучить национальные особенности поведения участников переговоров, адаптировать свое поведение под эти особенности и, таким образом, найти наиболее эффективный способ взаимодействия.

При работе с переводчиком необходимо учитывать особенности его работы: делать паузы для перевода, точно формулировать предложения, стараться не использовать идиоматические выражения.

Использовать разные стили ведения переговоров, разрабатывать тактику и стратегию с учетом национальных особенностей студенты учатся в деловой игре «Переговоры».

Игровую ситуацию, описание ролей в команде «переговорщиков» заранее подготавливает тренер, который сам в игре не участвует, он остается нейтральным наблюдателем и только в сложных случаях приходит на помощь участникам.

Желательно проводить игру в условиях, максимально приближенных к реальным: в переговорной комнате с необходимым оборудованием. Но если такой возможности нет, достаточно большой аудитории, в которой студенты смогли бы работать, сначала разделившись на группы для обсуждения своей тактики, а затем уже все вместе за столом переговоров.

Количество участников в команде может быть разным. Оптимальный вариант – 2-3 человека с каждой стороны. В этом случае студенческая группа разбивается на несколько команд, работающих в парах, они получают одинаковые задания, проводят переговоры, а затем сравнивают их результаты.

Для отработки навыка работы в большой команде можно провести игру с большим количеством участников (8-10) с каждой стороны. Первоочередное внимание в этом случае надо уделить соблюдению иерархичности делового общения, чтобы не допустить конфликта внутри команды во время обсуждения своей позиции.

Можно проводить короткие и длительные игры. В короткой игре (30-40 мин) отрабатываются отдельные элементы, например, различные стили ведения переговоров. В длительной игре (2-2,5 час) можно использовать все ранее полученные знания.

В сценарии игры надо обязательно предусмотреть сложности, провоцирующие возникновение конфликта между сторонами.

Чтобы дать возможность участникам творчески проявить себя, можно подтолкнуть их к тому, чтобы они сами придумали недостающую информацию для переговоров. Для этого заведомо составить сценарий игры таким образом, что некоторых данных будет не хватать.

Кроме студентов, занятых непосредственно в переговорах, в игре должны быть участники, проводящие ассессмент каждой команды и, возможно, каждого игрока. По окончании игры они представляют результаты ассессмента по заранее составленным критериям.





#### Основные этапы проведения деловой игры

1. Разделение на команды, назначение наблюдателей, проводящих ассессмент.
2. Знакомство с игровой ситуацией.
3. Работа в командах: анализ интересов обеих сторон, распределение ролей в команде, выбор стиля, стратегии и тактики ведения переговоров, проработка возможных сценариев проведения переговоров. Участники игры, проводящие ассессмент, получают ту же информацию, что и участники переговоров и таблицы с критериями для оценки, изучают их.
4. Проведение переговоров.
5. Анализ результатов переговоров. Сначала высказываются участники переговоров, затем наблюдатели с результатами ассессмента.

Деловая игра помогает сформировать навык адекватного эмоционального воздействия на партнера, умение слушать и слышать собеседника, увидеть проблему с его точки зрения. Кроме того, развивает навык командного взаимодействия, умение вовремя перехватывать и удерживать инициативу, формирует чувство ответственности каждого участника за общий результат.

#### Литература

1. Грачев, Ю.Н. Ведение переговоров с инофирмами / Ю.Н.Грачев. – М.: ЗАО «Бизнес-школа Интел-Синтез», 2000. – 112 с.
2. Льюис, Р.Д. Деловые культуры в международном бизнесе. От столкновения к взаимопониманию: Пер. с англ. /Р.Д. Льюис. – М.: Дело, 1999. – 440с.
3. Цыренова, А.А. Учебно-методическое пособие для преподавателей к проведению ролевой игры «Переговоры» /А.А. Цыренова. – Улан-Удэ: изд-во ВСГТУ, 2006.– 112 с.

Е.А. Назарова, Л.С. Зеленко, Е.А. Шумская

#### РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТВОРЧЕСКОГО ЗАДАНИЯ ПО ИНФОРМАТИКЕ «О КАМНЯХ» И ПРОВЕРКИ ЕГО РЕШЕНИЯ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

#### Введение

Каждый год повышаются требования к системе образования, в первую очередь к базовой (школьной) ступени. Для продолжения и развития установившейся преемственности ИТ-образования в школе и вузе необходимо развивать творческую деятельность школьников, в первую очередь за счет применения дистанционных форм обучения.



Для привлечения школьников на факультет информатики в СГАУ на базе кафедры программных систем работает «Школа информатики СГАУ», одним из направлений которой является подготовка школьников к сдаче Единого Государственного Экзамена (ЕГЭ) по предмету «Информатика и информационно-коммуникационные технологии (ИКТ)».

При проведении ЕГЭ используются контрольные измерительные материалы (КИМ), представляющие собой комплексы заданий стандартизированной формы [1]. КИМ по информатике состоит из двух частей: первая часть содержит задания с кратким ответом, вторая – задания с развернутым ответом, так называемая творческая часть. Задания второй части проверяются экспертами на соответствие заданным критериям.

В настоящее время занятия в школе информатики ведутся с использованием традиционной (очной) формы обучения, но для расширения контингента обучаемых (привлечение к занятиям школьников младших классов и/или обучение школьников, живущих в области, т.е. территориально удаленных от основной базы обучения) используется дистанционная форма обучения. На сайте дистанционного обучения школы информатики СГАУ [2] размещены учебные курсы, разбитые на темы и уроки, в учебный материал включены демонстрационные презентации (flash-анимации) наиболее важных и интересных алгоритмов обработки данных, примеры решения типовых задач, задачи для самостоятельного решения, а также тестовые задания, которые составлены с учетом демонстрационных вариантов ЕГЭ по информатике. Сайт дистанционного обучения школы разработан на базе LMS Moodle, в которой не предусмотрено выполнение творческих заданий. Поэтому актуальной задачей стала разработка инструментальных средств, представленных в виде дополнительных модулей, интегрированных в среду LMS Moodle, которые позволяли бы преподавателю составлять и проверять такие задания, а школьнику дистанционно выполнять задания. Разработке подсистемы для решения задания 26 (С3) или «задачи о камнях» и его интеграции в LMS Moodle посвящена данная работа.

#### Описание задачи о камнях

По существу «задача о камнях» – антагонистическая игра с нулевой суммой, т.е. игра с противоречивыми интересами сторон (игроков) и полной информацией об игре. Игра двух игроков с нулевой суммой означает, что выигрыш одного игрока является проигрышем другого. Игроки ходят по очереди, причем оба они обладают полной информацией о текущей игровой ситуации и о возможных ходах очередного игрока (определено, сколько камней и из какого количества кучек может взять игрок за один ход). Игра считается законченной, если достигнута позиция, являющаяся согласно правилам игры «терминальной» (конечной, заключительной), например, матовая позиция в шахматах.

Для достижения победы игрокам нужно выбрать выигрышную стратегию. Стратегией в игре с полной информацией называется правило, указывающее, как следует игроку ходить в каждой из позиций, где ход за ним. Стратегия называется выигрышной для игрока, если все партии, в которых он придерживается этой стратегии, заканчиваются выигрышем этого игрока.





Конечную игру с полной информацией можно представить в виде ориентированного графа, вершинами которого являются все допустимые позиции игры, а ребра указывают возможные ходы. Данный граф обязательно будет ациклическим (не будет содержать циклов), в противном случае окончание игры не гарантировано. Один из вариантов отображения выигрышной стратегии представлен на рис. 1 (возможно и табличное представление).

#### Описание подсистемы для решения «задачи о камнях»

В разрабатываемой подсистеме должны быть реализованы следующие роли:

– *преподаватель*, которому должны быть предоставлены инструменты для создания задания, а именно: возможность задания начальной ситуации игры (количество куч камней, количество камней в каждой из куч, максимальное суммарное количество камней в кучах, условие выигрыша и возможные операции, применяемые к числу камней в одной из куч). По заданным исходным данным система должна построить эталонное дерево игры, соответствующее выигрышной стратегии и отобразить его в виде графа (рис. 1).

– *обучаемый*, которому должны быть предоставлены инструменты для решения задачи в режиме on-line, а именно: выбор текущего хода из возможных (заданных преподавателем), сравнение решения с эталонным, – а также возможность изучить теоретический материал. Система должна обеспечить динамическую визуализацию дерева решения на каждом шаге, а по окончании решения выполнить его автоматическую проверку с учетом критериев оценки [1] (задание СЗ является заданием высокой сложности и оценивается в 3 первичных балла).

Все данные должны быть сохранены в базе данных (БД), находящейся на удаленном сервере.

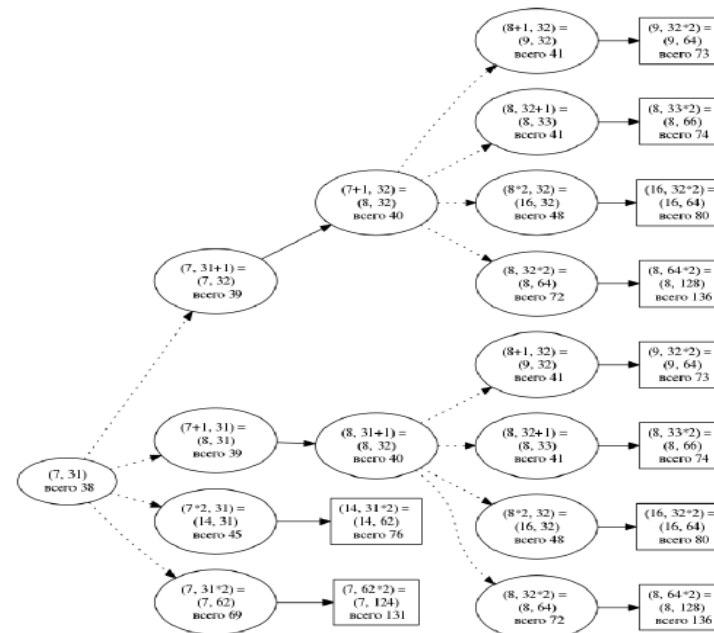
На рис. 2 приведена диаграмма вариантов использования подсистемы.

Подсистема должна быть интегрирована в дистанционную обучающую систему на базе LMS Moodle, которая имеет клиент-серверную архитектуру (см. рис. 3). На серверной части установлена LMS Moodle 1.8, а также авторский модуль СЗ – разработанная авторами подсистема создания творческого задания.

В качестве серверного языка используется скриптовый язык общего назначения PHP. На стороне клиента используется JavaScript, для отображения графа решения используется плагин jsPlumb, для работы с базой данных используется СУБД MySQL.

#### Заключение

Использование данной подсистемы позволит повысить эффективность обучения школьников, их познавательную активность и развить творческие способности, т.к. кроме контрольных функций в подсистеме заложены обучающие функции, позволяющие проводить анализ допущенных ошибок и демонстрировать правильные решения. Возможность многократного выполнения творческих заданий позволит хорошо закрепить изученный учебный материал.



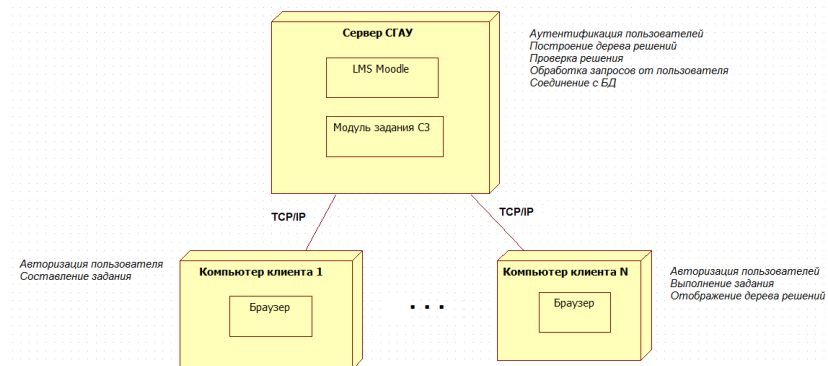


Рис. 3. Диаграмма компонентов системы

### Литература

1. Спецификация КИМ для проведения в 2016 году ЕГЭ по информатике [Электронный ресурс]. – URL: [http://fipi.ru/sites/default/files/document/1447254044/inf\\_11\\_2016.zip](http://fipi.ru/sites/default/files/document/1447254044/inf_11_2016.zip) (дата обращения 7.03.2016).
2. Школа Информатики СГАУ [Электронный ресурс]. – URL: [distance.itschool.ssau.ru](http://distance.itschool.ssau.ru) (дата обращения 7.03.2016).
3. LMS Moodle. Embedding content [Электронный ресурс]. – URL: [https://docs.moodle.org/22/en/Embedding\\_content](https://docs.moodle.org/22/en/Embedding_content) (дата обращения 8.03.2016).

А.Л. Никишина, Л.С. Зеленко

### РАЗРАБОТКА ИНТЕРАКТИВНОГО ОБУЧАЮЩЕГО ПРИЛОЖЕНИЯ «АЛГОРИТМЫ ПОИСКА И СОРТИРОВКИ МАССИВОВ»

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Сортировка и поиск являются одними из важнейших процедур обработки информации. Хотя в словарях слово «сортировка» определяется как процесс разделения объектов по виду или сорту, программисты традиционно используют его в гораздо более узком смысле, обозначая им такую перестановку предметов, при которой они располагаются в порядке возрастания или убывания [1]. Алгоритмы поиска и сортировки являются фундаментальными, часто используются при обработке данных в различных прикладных и системных задачах (например, пирамидальная сортировка применяется в ядре операционной системы Linux [2]), поэтому представляют интерес для людей, занимающихся изучением и применением науки «Информатика».



В связи с этим начинающим программистам уже на самых ранних этапах изучения основ алгоритмизации необходимо не только понимать, как работают данные алгоритмы, но и знать, как они реализованы на разных языках программирования.

На кафедре программных систем по заказу Школы информатики СГАУ авторами разрабатывается интерактивное обучающее приложение «Алгоритмы поиска и сортировки массивов», которое предназначено для школьников, изучающих информатику и основы алгоритмизации. Данное приложение даст им возможность в наглядной визуальной форме изучить как сами алгоритмы данной группы, так и их реализацию на таких языках программирования, как Pascal, C#, C++ и Java.

В состав приложения входят подсистемы, изображенные на рис. 1:



Рис. 1. Структура приложения

– подсистема настройки параметров позволяет выбрать алгоритм и язык программирования (рис. 2);

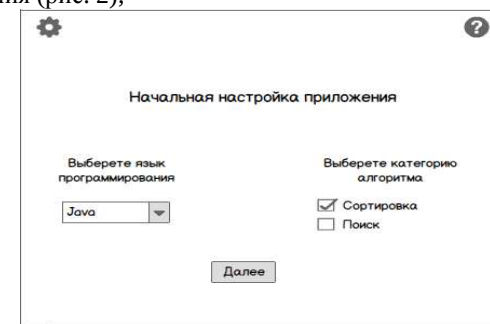


Рис. 2. Начальная настройка приложения

– подсистема реализации работы алгоритмов содержит код реализации выбранного алгоритма и обеспечивает ввод начальных данных (значения элементов массивов могут задаваться как случайно, так и вводиться пользователем (рис. 3);

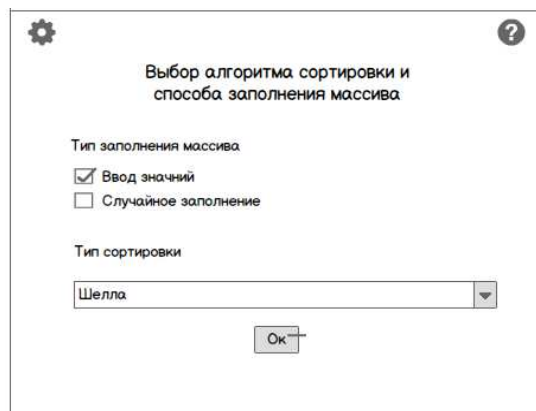


Рис. 3. Дополнительные настройки

- подсистема визуализации отображает процесс выполнения алгоритма;
- справочная подсистема содержит общую информацию об алгоритмах и о возможностях приложения.

В приложении реализованы три вида отображения алгоритмов:

- 1 анимация работы алгоритма на примере начальных данных;
- 2 реализация алгоритма на одном из языков программирования (отображение кода);
- 3 вид, объединяющий анимационное и кодовое представление.

Применение визуального ряда (анимационных эффектов), по мнению авторов, позволит повысить эффективность обучения: пользователь наглядно видит изменения, происходящие в массиве по мере работы алгоритма, при этом исполняемая в текущий момент строка кода подсвечивается (рис. 4).

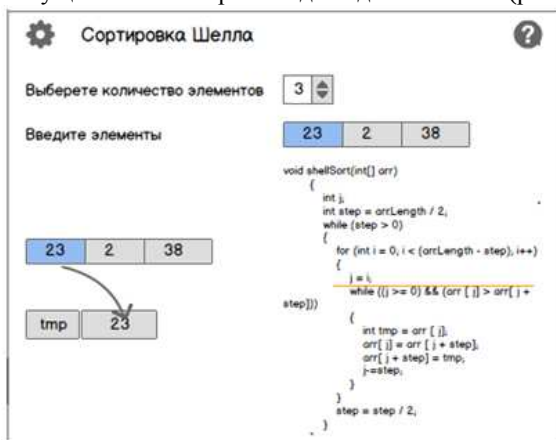


Рис. 4. Пример выполнения алгоритма



Приложение реализовано на языке программирования Java в среде программирования IntelliJ IDEA, оно имеет гибкую структуру, при необходимости в него могут быть добавлены реализации новых алгоритмов.

### Литература

- 1 Кнут, Д. Искусство программирования. Том 3. Сортировка и поиск [Текст]. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2013. – 824 с.
- 2 Код сортировки из библиотеки в Linux [Электронный ресурс]. – [www.lxr.free-electrons.com/source/lib/sort.c](http://www.lxr.free-electrons.com/source/lib/sort.c) (дата обращения 01.03.2016 г.).

Е.Д. Орлова, В.П. Корячко, А.Е. Борзенко

### РАЗРАБОТКА ЗАМКНУТЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ С РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ ТЕСТИРОВАНИЯ

(Рязанский государственный радиотехнический университет)

Программы, применяемые для обучения и тестирования, можно классифицировать по структурным признакам взаимодействия обучающей системы с пользователем. По этим признакам их можно разделить на два основных класса – разомкнутые (без обратной связи) и замкнутые (с обратной связью), отличающиеся принципиальным подходом к процессу обучения.

В разомкнутых программах не учитываются ответы обучаемых на поставленные вопросы. В них также не изменяется последовательность предъявления учебного материала в зависимости от степени его усвоения. В обучающих программах такого типа присутствует лишь прямая информационная связь между системой и обучаемым, которому последовательно предоставляется визуальная информация с монитора ЭВМ. Примером таких программ служат системы с презентационной структурой.

В тестирующих обучающих программах без обратной связи основной упор делается на выявление уровня знаний учащихся в определенный период учебного процесса. Обычно такие системы предъявляют обучаемому открытый или закрытый вариант вопроса (вопрос с вариантами выбора ответа). Ответ фиксируется в модуле фиксатора ошибок. По результатам опроса выставляется определенный балл, служащий критерием для результирующей оценки.

Более широкими функциональными возможностями и высокой эффективностью при использовании их в учебном процессе обладают обучающие и тестирующие программы, в которых организована обратная связь между обучаемым и системой. Выбор метода тестирования напрямую зависит от целевой установки и применяемых показателей. В современных обучающих системах применяются следующие виды тестов:

- 1) бинарный выбор (*True/False multiple-choice*) — в качестве ответа на вопрос обучаемый должен выбрать один из двух вариантов — «да» или «нет»;



2) выбор «один из многих» (*Multiple-choice*) — обучаемый должен выбрать один (правильный) из нескольких предложенных вариантов;

3) множественный выбор (*Multiple response*) — обучаемый должен выбрать все правильные варианты из числа предложенных;

4) множественный выбор с неизвестным числом вариантов (*Multiple response with Multiple Image Hot Spot Rendering*) — обучаемому предъявляются графические объекты, на которых он должен указать (с помощью мыши) элементы, отвечающие заданному условию;

5) упорядочивание объектов (*Order Objects*) — обучаемый должен расположить предъявленные объекты в соответствии с некоторым признаком (например, упорядочить по размеру или расположить в порядке подчиненности);

6) манипулирование объектами (*Drag-and-drop*) — обучаемый должен переместить предъявленные объекты в соответствии с некоторым правилом (отличие от предыдущего вида тестирования состоит в том, что от обучаемого требуется не только знание правил, но и наличие необходимых моторных навыков);

7) построение объекта (*Connect-the-points*) — обучаемому предъявляются графические объекты, из которых он должен построить более сложный объект (систему), например, объединить рабочие станции (их изображения) в локальную сеть с требуемой топологией;

8) заполнение бланка (*Fill-in-Blank — FIB*) — обучаемый должен поместить в свободную позицию недостающий элемент. Данный вид теста имеет два формата: - текстовый, когда в свободную позицию текстовой области требуется ввести недостающее слово (или несколько слов) и числовой, когда в свободную позицию требуется ввести результат вычисления заданного выражения;

9) ввод свободно конструируемого ответа с контролем по ключевым словам (*Short Answer*) — обучаемый должен ввести в текстовое поле ответ в свободной форме, но с использованием определенных ключевых слов (терминов, используемых в рассматриваемой предметной области).

Все перечисленные виды тестов являются базовыми, в том смысле, что они могут объединяться и комбинироваться различными способами [1]. Процесс взаимодействия обучаемого с программой можно представить в виде системы с внешней обратной связью, где целью обучающей программы является не только повышение уровня знаний пользователя, но и уменьшение количества совершаемых им ошибок.

Генерация воздействий на учащегося со стороны обучающей системы строится в соответствии со знаниями обучаемого на основе накопленного им опыта при решении входного задания, а также в зависимости от принятых в программе критериев достоверности оценки знаний обучаемого.

Реакцию обучаемого на воздействия со стороны программы можно рассматривать в виде некоторой функции уровня количества ошибок в зависимости от предъявляемого задания (совокупности задач, которые должен решить



пользователь). Вид этой функции зависит от индивидуальных свойств обучаемого и разработанного программного обеспечения.

Самым сложным при разработке таких программ является выявление критерия степени достоверности усвоения обучаемым полученной информации и исключения фактора случайности, когда обучающая система может сделать ошибочный вывод о правильном усвоении предложенного материала.

Распространенным типом среди замкнутых обучающих и тестирующих программ являются имитационные автоматизированные обучающие системы. В них обычно используется моделирование реальной ситуации в той или иной сфере предметной области [2].

В программах предназначенных не только для обучения, но и для тестирования знаний обучаемого используется комплексный подход. Такие программы не только обучают, но и одновременно проверяют полученные на текущий момент знания учащимся. Здесь важным фактором служит отклик обучаемого на то или иное информационное воздействие, в зависимости от которого программа может перестроить ход обучения в том или ином направлении.

Таким образом, очевидно, что с учетом современных требований к обучающим и тестирующим программам наиболее широкими возможностями обладают замкнутые обучающие системы, которые обеспечивают максимальную «гибкость» при общении с пользователем.

При разработке комплекта тестирующих программ, используемых на кафедре САПР ВС РГРТУ для проверки усвоенного студентами материала при проведении практических и лабораторных занятий по курсам «САПР механических систем» и «Геометрическое моделирование в САПР» была выбрана концепция замкнутой обучающей системы с различными комбинациями базовых тестов [3]. В случае правильных ответов студента увеличивается сложность выдаваемых ему вопросов (заданий). В случае неправильных ответов на вопросы возрастает число попыток прохождения теста и студенту необходимо повторить выполнение задания еще раз. Этот процесс продолжается до тех пор, пока задание не будет выполнено корректно.

### Литература

1. Лященко Н.И. Анализ моделей компьютерных обучающих систем. Построение подмоделей в компьютерной системе повышения квалификации специалистов // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–10. – С. 2153–2157
2. Воронин А. А., Горячевская И.В. Автоматизированная система обучения работе с системой контроля версий «GIT» // Радиоэлектроника и информатика, выпуск № 3 (62), 2013. – С.32–35.
3. Орлова Е.Д. Базовые методы тестирования в интерактивных программах контроля и обучения // Информационные технологии. Межвузовский сборник научных трудов. - Рязань, 2015. – С.74–76.



А.Д. Павлов

## ВОПРОСЫ ЛОКАЛИЗАЦИИ И РАЗВИТИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СРЕДЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ MATH-BRIDGE В РОССИИ

(Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева-КАИ)

Проблема развития электронного математического образования особенно актуальна для инженерного образования, так как математика является базовым предметом для многих технических дисциплин. Для повышения продуктивности, снижения нагрузки и повышения интереса к обучению используются активно развивающиеся обучающие системы. Одной из таких систем является Math-Bridge (<http://math-bridge.org>) – крупнейшая в мире система для обучения математике. Math-Bridge применяет комплексный подход, опирающийся как на изучение зарубежного опыта, так и на анализ и модернизацию существующих педагогических практик и курсов [1].

С начала 2014 года КНИТУ-КАИ им. А. Н. Туполева участвует в реализации международного проекта «Современные образовательные технологии преподавания математики в инженерном образовании России», осуществляемого в рамках программы Темпус. В этом проекте будет использована виртуальная образовательная среда Math-Bridge. Math-Bridge – это общедоступная обучающая система, основанная на технологии веб, которая динамически генерирует интерактивные (математические) задачи, адаптированные под конкретные цели студента, его предпочтения, способности и знания (текущую компетенцию). Содержимое курса обучения представлено в семантическом формате, основой которого является формат xml. Соответствующее содержание извлекается из базы знаний и для каждого пользователя индивидуально, согласно педагогическим правилам, генерируется курс обучения. Вслед за генерацией, курс обучения демонстрируется пользователю через стандартный веб-браузер. Планируется провести исследование, направленное на анализ методов адаптации, реализованных в Math-Bridge, и их возможную интеграцию с методами адаптации, реализованными в МОНАП (модель обучения навыкам алгоритмической природы). Ядром адаптивного обучения является система тренажа. Интеграция тренирующего модуля системы МОНАП в существующую систему Math-Bridge может повысить когнитивную ценность обучающихся курсов [2-4].

Одной из задач КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева в рамках реализации проекта Math-Bridge в России является работа по локализации системы Math-Bridge. Основной проблемой локализации является то, что не все текстовые параметры пользовательского интерфейса объявлены как глобальные переменные в файлах локализации (рисунок 1). Многие параметры являются «вшитыми» в оболочку системы Math-Bridge, что делает их перевод не возможным до тех пор, пока такие параметры не будут объявлены как глобальные переменные.



Поиск таких параметров может занять длительное время, так как пользовательский интерфейс децентрализован, в результате чего поиск отсутствующих параметров необходимо осуществлять по большому количеству файлов с различным расширением (.vm, .html, .xmp, .properties и т.д.) и различной структурой содержимого. Результаты работы представлены на рисунке 2.

```
339 # item menu
340 item.menu.title=Действия для этого предмета:
341 item.menu.removeItem=Удалить с этой страницы
342 item.menu.search=Показать в поиске
343 item.menu.copyright=Показать информацию по авторскому праву
344 item.menu.moreContent=Найти больше содержания...
345 item.menu.note=Показать заметки
346 item.menu.read=Прочитать вслух
347 item.menu.addItemToPage=Добавить содержание к этой странице
348 item.menu.addMenuBar=Добавить к странице
349 item.menu.addItemTitle=Данное содержание найдено:
350 item.menu.tooltip=Открыть меню действий для этого предмета
351 item.menu.close.tooltip=Закрыть меню
352 item.menu.noItemsFound=Простите, содержания не найдено. Вы можете попробовать инструмент поиска.
353 item.menu.explain=Объяснить
```

Рис. 1. Глобальные переменные файла локализации.

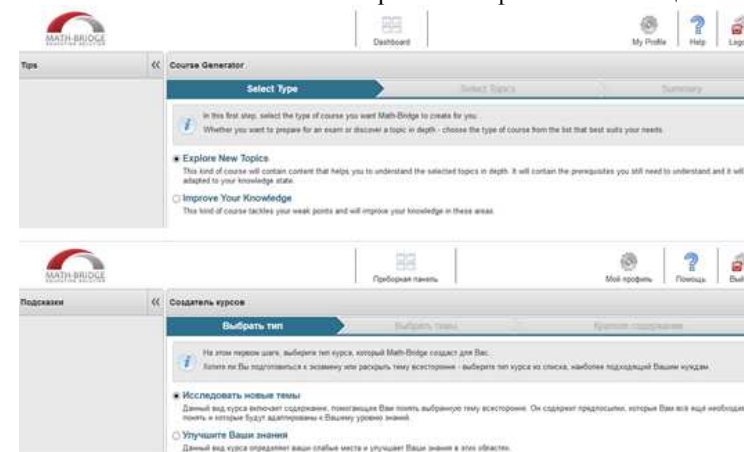


Рис. 2. Оригинальная и локализованная версия Math-Bridge.

Помимо этого, КНИТУ-КАИ им. А.Н. Туполева участвует в тестировании (процесс создания курсов, обучение, работа в различных режимах – администратора, автора, обучаемого и так далее) и внедрении (разработке математических курсов) системы Math-Bridge. Взаимодействие с разработчиками осуществляется с помощью системы отслеживания проблем Jira. Были исправлены ошибки интерфейса и ошибки процесса создания и работы с курсами (такие как смещение и выход за рамки текста, смещение графиков и т.д.).

Работа выполнена под научным руководством доцента кафедры АСОИУ Галеева И.Х.



Данный проект профинансирован при поддержке Европейской Комиссии в рамках программы Темпус (№ гранта: 543851-TEMPUS-1-2013-1-DE-TEMPUS-JPCR)





### Литература

1. Сосновский С.А., Гиренко А.Ф., Галеев И.Х. Информатизация математический компоненты инженерного, технического и естественнонаучного обучения в рамках проекта MetaMath // Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)" - 2014. - V.17. - №4. - С.446-457. - ISSN 1436-4522. URL: <http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html>
2. Galeev Ildar, Tararina Larissa, Kolosov Oleg, Kolosov Vlad Structure and implementation of partially integrated adaptive learning environment // in Allison Rossett (ed): Proceedings of E-Learn 2003, Phoenix, Arizona USA, November 7-11, 2003, p. 2151-2154.
3. Galeev Ildar, Tararina Larissa, Kolosov Oleg Adaptation on the basis of the skills overlay model // in Kinshuk, Chee-Kit Looi, Erkki Sutinen, Demetrios Sampson, Iganacio Aedo, Lorna Uden and Esko Kähkönen (ed): Proceedings of 4th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'2004), Joensuu, Finland, August 30 - September 1, 2004, p. 648-650.
4. Галеев И.Х. Проблемы и опыт проектирования ИОС // Международный электронный журнал "Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society)" - 2014. - V.17. - №4. - С.526-542. - ISSN 1436-4522. URL: <http://ifets.ieee.org/russian/periodical/journal.html>

С.А. Пиявский

### ЗАДАЧИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СРЕДЫ РАЗВИТИЯ ТВОРЧЕСКИ ОДАРЕННОЙ МОЛОДЕЖИ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Общество знаний формирует запрос на все более эффективные механизмы выявления и развития творчески одаренной молодежи в сфере науки, техники и технологий. Дополняя определение, данное ведущими российскими учеными в «Рабочей концепции одаренности» (2-е изд., расш. и перераб., М., 2003), поясним, что под творческой одаренностью мы понимаем системное, развивающееся в течение жизни качество психики, которое определяет возможность достижения человеком более высоких, незаурядных по сравнению с другими людьми, результатов в деятельности, направленной на преобразование действительности, и проявляется в обладающих новизной и полезностью законченных результатах деятельности.

Инфокоммуникационные технологии позволяют ответить на этот запрос формированием интегрированной научно-образовательной развивающей среды, взаимодействуя с которой, мотивированные молодые люди получают возможность в процессе систематической направляемой исследовательской деятельности проявить, развить и реализовать свои творческие способности на благо себе и обществу.



На формирование такой среды в региональном масштабе направлена деятельность Координационного совета при Администрации Губернатора Самарской области по работе с одаренной молодежью в сфере науки и техники, образованного Постановлением Губернатора Самарской области от 30.10.2013 № 272. Разработанная им концепция Единой Самарской областной системы мер по выявлению и развитию творчески одаренной молодежи в сфере науки, техники и технологий и инновационному развитию Самарской области (Системы «Творческая молодежь» СТМ) предусматривает создание единой базы данных творчески одаренной молодежи (так называемый Губернаторский реестр) и специальной инфокоммуникационной системы (ИКС) «ВЗЛЕТ-ПОЛЕТ», осуществляющей мониторинг и поддержку функционирования всех составляющих создаваемой научно-образовательной развивающей среды.

Ключевыми понятиями, характеризующими эту среду, являются:

- участники и члены Губернаторского реестра - проживающие в регионе молодые люди в возрасте от 14 до 30 лет, которые:
  - обучаются в образовательных организациях региона или работают в организациях/на предприятиях, являющихся коллективными членами СТМ,
  - имеют регулярные индивидуальные творческие достижения в науке, технике и технологиях, оцененные в рамках СТМ для своего возраста и сферы деятельности в форме творческого рейтинга,
  - систематически успешно развивают свои творческие способности в рамках базовой и индивидуальной программ творческого развития, реализуемых СТМ.
- микроколлективы «ученик – учитель – ученый» и студенческие исследовательские микроколлективы;
- действующие в регионе образовательные организации всех уровней образования;
- организации-лидеры – ведущие научные школы, предприятия и организации региона, активно участвующие в системной подготовке творчески одаренных кадров в сфере науки, техники и технологий;
- органы государственной власти и управления, общественные организации
- Губернский конкурс достижений творчески одаренной молодежи в сфере науки техники и технологий;
- система показателей уровня развития и результатов деятельности творчески одаренной молодежи региона;
- комплекс научно-методических и учебно-методических средств функционирования СТМ, включая базовую научно-образовательную программу развития и индивидуальные программы творческого развития участников Губернаторского реестра;
- инфокоммуникационная система обеспечения функционирования СТМ;
- научно-образовательный и организационно-методический рабочий орган СТМ.





Для создание полноценной среды СТМ ИКС «ВЗЛЕТ - ПОЛЕТ» должна обеспечить инфокоммуникационную и интеллектуальную поддержку следующих функциональных задач:

- развить и унифицировать формы взаимодействия сферы образования и труда;
- сформировать областные профессиональные стандарты, определяющие конкретные требования в организациях и на предприятиях области к одаренным специалистам с высокой творческой квалификацией, преимуществами и характером их использования;
- разработать и реализовать с учетом этих стандартов базовую научно-образовательную программу и ее версии, адаптированные к конкретным направлениям науки, техники и технологий, по которым ведется работа с одаренной молодежью, а также индивидуальные образовательных программы творческого развития участников СТМ;
- создать единую научно-методическую базу, обеспечить научно-методическую и информационную поддержку развивающей деятельности, проводимой с творчески одаренной молодежью в местах ее учебы и труда и координировать реализацию базовой и индивидуальных образовательных программ творческого развития участников СТМ;
- подготовить и обеспечить чтение ряда унифицированных специальных учебных модулей высочайшего качества, привлекая для этого лучшие кадры региона и страны;
- обеспечить индивидуальный мониторинг развития и использования творчески одаренной молодежи Самарской области, координировать подготовку и проведение областных конкурсных мероприятий, входящих в состав объединенного Губернского конкурса достижений творчески одаренной молодежи и других особо значимых мероприятий;
- организовать повышение квалификации лиц, включенных в работу с участниками СТМ;
- популяризировать СТМ, осуществлять распространение результатов и обмен опытом с соответствующими организациями в стране и за рубежом;
- разработать аналитические материалы и рекомендации для органов управления всех уровней по вопросам выявления, развития и использования для решения задач социально-экономического и научно-технического развития региона и страны творчески одаренной молодежи в сфере науки, техники и технологий;
- ежегодно готовить аналитический отчет СТМ Попечительскому совету, планы работы СТМ, сметы расходов на ее функционирование, другие отчетные документы.



А.П. Потапов, Л.С. Зеленко

## РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ОСНОВАМ АЛГОРИТМИЗАЦИИ И ПРОГРАММИРОВАНИЯ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Достоинства электронного обучения общеизвестны – это активизация когнитивной деятельности учащихся, индивидуальный характер обучения, разгрузка преподавателей от рутины контроля и консультирования и т.п. [1]. Использование интернет-технологий и мобильных устройств открывает новые возможности для электронного дистанционного обучения, делает его более доступным и гибким. Популярность мобильных устройств обуславливается, прежде всего, широким спектром их возможностей: качественные экраны, мощная аппаратная платформа, позволяющая решать широкий спектр задач, высокая портативность, простота развертывания при помощи встроенных магазинов приложений.

В связи с этим авторами разрабатывается мобильное приложение для обучения основам алгоритмизации и программирования. Знакомство с основными понятиями языков программирования, обучение использованию алгоритмических конструкций, развитие логического и алгоритмического мышления необходимо начинать ещё на этапе обучения в младшей и средней школе. Процесс обучения лучше строить в виде игры, использующей яркие зрительные образы, с их помощью можно научить школьника записывать простые алгоритмы, используя базовые алгоритмические конструкции, такие как оператор, функция, ветвление алгоритмов, цикл и т.п.

Приложение реализовано в форме игровой многоуровневой программы, в которой на каждом уровне школьнику предлагаются простые алгоритмические задачи (сложность задач от уровня к уровню повышается), которые он может решить не с использованием операторов какого-то языка программирования, а с помощью графических примитивов, являющихся условными обозначениями этих операторов. Таким образом, школьнику вовсе не нужно знать синтаксис команды, достаточно понимать логику ее выполнения. Главный персонаж программы – робот, основная задача которого выполнить программу, составленную школьником из команд, доступных на игровом поле заданной структуры.

К приложению имеют доступ:

- 1) *учитель* (ему доступны все функции приложения: полный контроль над списком школьников (студентов), создание уровней (определение структуры игрового поля, определение списка доступных операторов и т.п.) и заданий к ним, просмотр общей статистики обучаемых);
- 2) *ученик* (может проходить доступные ему задания и просматривать свою статистику).



На рис. 1 представлен экран, доступный учителю для задания базовых параметров создаваемой задачи, на рис. 2 – экран создания игрового поля. На рис. 3 приведен экран регистрации нового ученика с примером обработки ошибок пользовательского ввода.

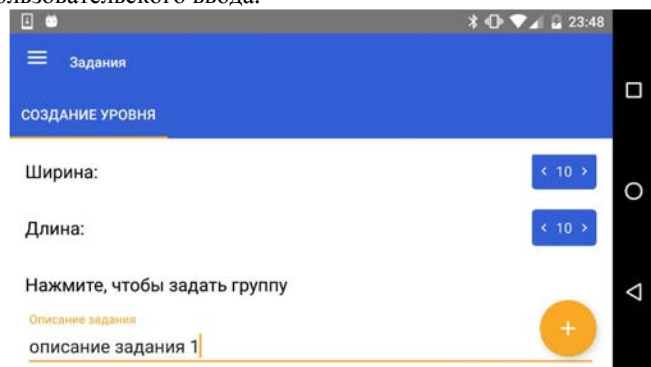


Рис. 9. Экран задания параметров задания

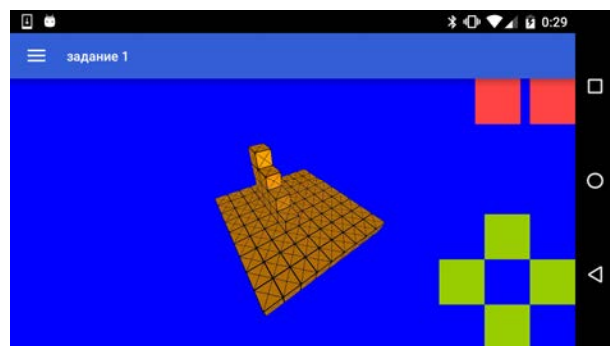


Рис. 2. Экран создания игрового поля

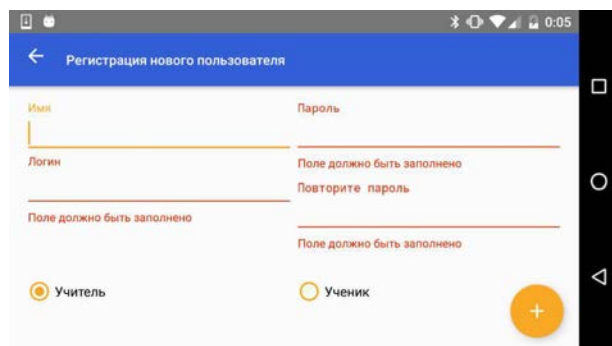


Рис. 3. Экран регистрации нового пользователя



При разработке мобильного приложения использовались следующие программные средства и технологии:

- операционная система Android, ее выбор был обусловлен тем, что на базе этой операционной системы функционирует большинство мобильных аппаратов во всем мире [2];
- язык программирования Java и среда разработки Android Studio 2.0;
- кроссплатформенный редактор трёхмерной графики с открытым кодом Blender 2.76 для создания моделей, из которых создается игровое поле;
- база данных SQLite обеспечивает частичную работу приложения без доступа к сети Интернет.

Серверная часть приложения реализована с использованием фреймворка Spring совместно с ORM Hibernate. В качестве базы данных используется MySQL Community Edition, взаимодействие с мобильным клиентом проводится с использованием формата JSON и построено по принципу RESTful API.

Для обеспечения актуальности мобильная база данных периодически обновляется с использованием сетевых запросов, отправляемых автоматически, пока пользователь использует приложение. В целях экономии мобильного трафика подгружаются только те данные, которых нет на клиенте.

### Литература

- 1 Соловов, А.В. Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология [Текст]/ А.В. Соловов. – Самара: Новая техника, 2006. – 462 с.
- 2 Android and iOS Squeeze the Competition, Swelling to 96.3% of the Smartphone Operating System Market for Both 4Q14 and CY14, According to IDC [Электронный ресурс]. — <http://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS25450615> (дата обращения 04.03.2016).

Р.М. Радомский

### ПОИСК НОВЫХ ИДЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛОГИКИ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Графическая интерпретация закона S-образного развития технических систем (см. рисунок) содержит нескольких участков, отображающих параметры развития системы на протяжении времени ее существования.

Для любой технической системы:

- участок I – создание первого образца технической системы,
- участок II – промышленная реализация технической системы, интенсивное развитие ТС,
- участок III – замедление развитие ТС,
- участок IV – ТС прекращает свое существование, уходит с главного производственного процесса.

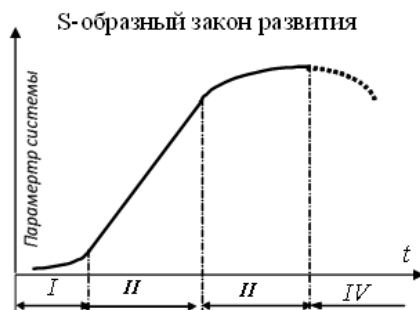


Рис. 1

Кроме того важным фактором развития ТС являются противоречия. В теории решения изобретательских задач противоречия формулируются как проявление несоответствия между разными требованиями, предъявляемыми человеком к системе, и ограничениями, налагаемыми на нее уровнем развития науки и техники, конкретными условиями применения и т. п.

Необходимость улучшить одну характеристику ТС приводит к ухудшению другой ее характеристики. Такие противоречия называются техническими противоречиями (ТП). Устранение ТП производят с использованием приемов для разрешения технических противоречий, анализа истории развития ТС, закона S – образного развития технических систем и др.

Покажем на конкретном примере развития всем известной технической системы - утюга для глаженья, как исторические этапы создания конструкций утюгов связаны с новыми идеями (см. участки I-III кривой S-образного развития), как разрешались ТП, и происходило усовершенствование технического объекта.

Для формирования сущности ТП уточним, что утюг — элемент бытовой техники для разглаживания складок на одежде. Принцип его действия заключается в том, что одежда нагревается в определенном месте и разглаживается под давлением самого утюга.

Способ глажки, дошедший до нас из глубины веков, состоит в следующем: на ровно обструганную полку наматывали просушенное белье и прокатывали по столешнице при помощи рифленой доски. Это гладильное сооружение называлось «раскатка».

Уже на первом этапе существования ТС «утюг» типа «раскатка» возникают определенные противоречия. При работе с устройством отмечаем недостатки: рифленая доска неудобна в хранении, занимает много места, работа требует значительных физических усилий, выполняется с низкой производительностью труда. Однако в рамках конструкции типа «раскатка» ликвидировать или хотя бы существенно сгладить выявленные недостатки не представляется возможным.



Применяя прием «Замена механической системы» приходим к конструкции утюга, напоминающей металлический утюг, нагреваемый на горячей плите. В XVIII веке производство таких утюгов стало массовым. Их изготавливали на литейных заводах. Возникло ТП: утюг должен быть, но нагреваться должен без участия плиты.

ТП было разрешено путем использования принципа «Матрешка», в корпусе утюга разжигали угли. Опять возникло ТП: недостатком утюга теперь было то, что угли, которые высыпались из отверстий, пачкали и прожигали одежду.

Разрешили ТП, используя прием «Использование пневмо и гидроконструкций» - вместо твердых частей объекта использовать газообразные. В Америке в начале 20 века пытались внедрить газовый утюг. В его корпус вставлялась трубка, присоединенная к газовому баллону. С помощью насоса газ попадал в горелку. Возникло ТП - утюг стал опасным.

Наиболее близким к современному утюгу можно считать облегченный утюг с электронагревателем, который появился в 1903 году благодаря изобретателю Эрлу Ричардсону. Принцип действия основывается на выделении тепловой энергии при прохождении электрического тока через нагревательный элемент. Возникло ТП: Нагретая подошва утюга сохраняет длительное время высокую температуру, достаточную для порчи ткани даже при выключенном электропитании. Разрешилось ТП в результате использования приема «Переход в другое измерение». После снятия руки с ручки утюга следящая система, установленная в корпусе утюга, переводила его в нерабочее положение.

И.В. Гете считал, что «История науки и есть сама наука». Изучая историю науки и техники можно создавать новые идеи, прогнозировать новые технические объекты.

Закон S – образного развития технических систем очень важен при оценке перспективности ТС. Если ТС находится на I-м или II-м участках развития, то у этой ТС существуют резервы развития. На IV участке – в рамках «старой» ТС должна зародиться новая.

Создателям новой перспективной техники нельзя забывать крылатую фразу: «Незнание законов развития ТС не освобождает от ответственности». Законы развития ТС «Закон повышения степени идеальности», «Переход с макро на микроуровень» свидетельствуют о том, что, рассматривая рождение и дальнейшее развитие вычислительной техники «от абака до компьютера» нецелесообразно было вкладывать огромные ресурсы в создание и развитие ЭВМ серии ЕС и АСВТ.

Развитие ТС происходит по закону «Вытеснение человека из ТС». Это не вызывает сомнений. На современных самолетах установлена система автоматического управления - «автопилот». Причаливание космического корабля к международной станции осуществляется в автоматическом режиме. В автомобилях, самолетах рулевое управление осуществлено с использованием «посредника» гидроусилителя, что снижает приложение усилий при управлении, повороте руля управления. А в 30-х годах на самолете, на котором В. Чкалову



летал в Америку, для поворота руля приходилось прикладывать усилие около шестидесяти килограммов.

Кроме указанных законов развития ТС, укажем следующие:

- Согласование ритмики ТС и ее частей. В процессе работы разные части ТС должны быть согласованы по частоте, что связано с работоспособностью системы.
- Развертывание – свертывание ТС. Развертывание ТС связано с увеличением количества и качества выполняемых заданных функций, а свертывание – с упрощением ТС,
- Переходы ТС к бисистеме, полисистеме, надсистеме.

Пример бисистем: катамаран, железобетон (в котором бетон работает на сжатие, арматура – на растяжение), двухцветный карандаш.

Пример полисистемы - компьютерная информационно-вычислительная сеть.

Пример надсистемы: кабельное телевидение, обеспечивающее возможность видеосвязи по тем же кабелям и др.

### Литература

1. Радомский В.М. Информационная и коммуникационная система непрерывного обучения учащихся и студентов научно-техническому творчеству: Монография. Издательство научного центра Российской Академии Наук. Самара, 2005. 372 с.

2. Радомский В.М., Высоцкий В.Е. Подготовка к инновационной деятельности в системе двухуровневого образования технического вуза: Монография. М.: Машиностроение, 2012. 248 с.

О.А. Синкина

### МЕНТАЛЬНЫЕ КАРТЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

(Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)

В современном мире человека окружает информация везде. Она может быть представлена самыми различными способами. Наибольшее количество информации мы получаем с помощью зрения.

Одним из наиболее эффективных и простых методов представления информации – создание ментальных карт. Термин Mind Maps в русском переводе встречается в различных вариантах: «ментальная карта», «интеллект-карта», «карта разума», «карта мышления». Ментальные карты – это техника визуализации мышления. Область применения карт очень широкая. Следовательно, они могут облегчить процесс обучения, структурирования большого объема информации, планирования и т.д.



Тони Бьюзен предложил концепцию интеллектуальных карт, которая основана на особенностях восприятия информации человеческим мозгом. Практически всем тяжело усвоить данные в виде текстов, списков, т.е. так, как принято представлять информацию на сегодняшний день. Намного проще сознанию понять и воспринять информацию, которая основана на ассоциациях, визуализирована, дополнена цветом и картинками в соответствии с ассоциациями.

Технология майндмэппинга заключается в следующем – привести информацию к виду, удобному к восприятию. В чем же основной плюс карты? Это представление данных в более сжатом, структурированном и упорядоченном виде. Соответственно, это позволяет активировать мышление, восприятие и память. Ментальная карта помогает человеку выделить главную мысль, ключевые слова и понятия, тем самым заострив внимание на более важных деталях. Чтобы человеку было проще запоминать и воспринимать информацию, представленную в таком виде, при создании карты используются самые различные приемы: заглавные буквы, аббревиатуры, маркировки, нумерации, разные цвета, типы линий, окантовки, блоки, рамки, картинки и т.д. Все это применяется лишь для удобства. К недостаткам можно отнести ограничение в масштабируемости и сфокусированность на одном центральном понятии.

Создать карту можно как на бумаге, так и с помощью различных сервисов и программ, например, MindMap, Coogole и множество других. Но принцип создания ничем не отличается. Карта представляет собой древовидную структуру. Все начинается с центрального объекта – основной идеи. То, что непосредственно связано с центром – ветви первого уровня. Они обычно дополняются ключевыми словами или понятиями. Следующие идеи изображаются также в виде ветвей, отходящих от ветвей более высокого порядка и так далее, пока материал полностью не исчерпан.

Графический или визуальный метод представления информации вызывает больший интерес учащихся, что позволяет запомнить излагаемый материал очень быстро. Ментальная карта представляет собой отличное решение для проверки знаний, а так же является незаменимым помощником при планировании, выполнении, осуществлении контроля и защите работ учащимися. Учебный материал на основе майндмэппинга становится гибким и легко усваиваемым.

На рисунке 1 представлена ментальная карта, составленная по методическим указаниям к курсовой работе для дисциплины «Управление данными». На ней отражены этапы разработки базы данных заданной предметной области и содержание пояснительной записки. Карта создана в приложении MindMeister.

Этот наглядный пример поможет студенту понять всю суть курсовой работы. Весь план показан на одной картинке, тем самым уменьшается физический объем материала. В отличие от линейного текста, представленного в методическом пособии, ментальная карта излагает только факты и взаимоотношения между ними.

Таким образом, технология майндмэппинга не может остаться без внимания в учебном процессе. Метод ментальных карт может применяться в любой



сфере жизни, что позволяет совершенствовать интеллектуальный потенциал личности, который достигается учением, и решать различного рода интеллектуальные задачи.

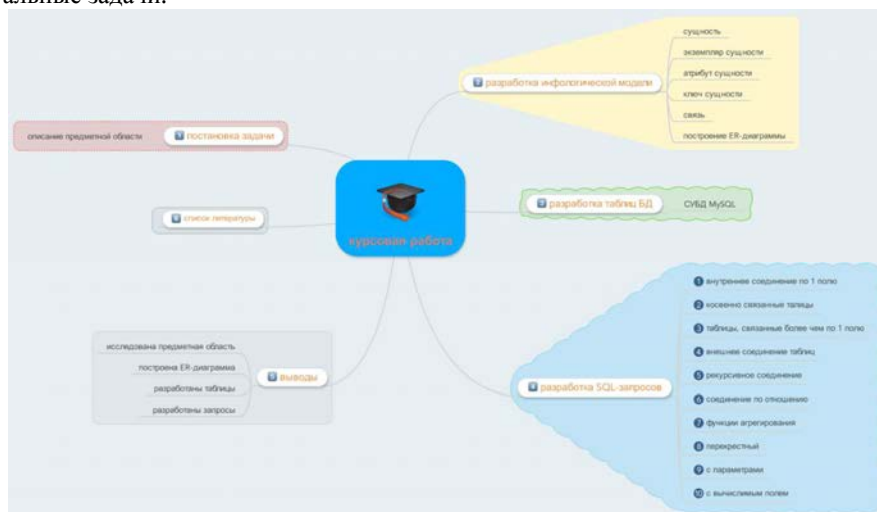


Рис. 1. Ментальная карта для выполнения курсовой работы по дисциплине «Управление данными»

### Литература

1. В.М. Воробьева, Л. В. Чурикова, Л. Г. Будунова. Эффективное использование метода интеллект-карт на уроках. - М.: ГБОУ «ТемоЦентр», 2013. - 46 с. с ил.
2. О.С. Козлова, к.т.н., доцент кафедры Информационных Систем и Технологий ПГУТИ. Методические указания. Курсовая работа по дисциплине Базы данных.
3. Т. Бьюзен, Б. Бьюзен. Супермышление. Перевод Е.А. Самсонова / ООО «Попурри», Минск, 2003. – 177с.

Н.Б. Стрекалова

### СЕТЕВОЕ СОТРУДНИЧЕСТВО КАК УСЛОВИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ СОВРЕМЕННОГО СПЕЦИАЛИСТА

(Тольяттинская академия управления)

Качество высшего образования определяется требованиями современного общества, системы образования и обучающегося (потребителя образовательной услуги) к профессиональной подготовке специалистов. Продолжающиеся глобализация и информатизация общества и обусловленные ими тенденции разви-



тия образования повышают требования к информационной компетентности будущих специалистов. Анализ федеральных государственных образовательных стандартов (ВПО и ВО) позволил установить перечень компетенций, которые должны быть сформированы в ходе профессиональной подготовки и которые так или иначе связаны с информационными и коммуникационными технологиями. Выявленный перечень компетенций можно сгруппировать следующим образом:

- компетенции применения информационных технологий в деятельности – владение методами, способами и средствами поиска, хранения, обработки информации, умения получать информацию из разных источников, способность к работе с компьютером и другими подобными устройствами как средством управления информацией, владение навыками работы в глобальных компьютерных сетях;
- компетенции получения новых знаний – способность к самостоятельному приобретению знаний и их обновлению с помощью современных образовательных и информационных технологий, владение навыками обобщения, анализа информации и построения суждений по изучаемым проблемам, способность к конструктивным решениям и творчеству;
- компетенции коллективной работы – способность к работе в команде и сотрудничеству с коллегами, готовность к взаимодействию (в том числе коммуникационному) с обществом и партнерами.

На фоне развития в мире глобализационных процессов объединение данных компетенций позволяет говорить о необходимости формирования у будущих специалистов способности к сетевому сотрудничеству, необходимой для совместной работы с коллегами и партнерами в глобальных и локальных компьютерных сетях, электронного обмена информацией и документами, осуществления коммуникационного взаимодействия и взаимного обогащения знаниями и опытом. Взаимосвязь сотрудничества, творческих способностей личности и успешности ее деятельности обоснована психологами через представление следующей цепи конструктивного взаимодействия партнеров: принятия модели поведения партнера; понимания мотивов его поведения; переход к сотрудничеству на основе взаимовыгодных условиях; рассмотрение возможности совместного творчества; переход к сотворчеству или совместной деятельности, направленной на создание духовных или материальных ценностей [1].

Одновременно, развитие электронных средств и дистанционных технологий обучения, сетевых форм реализации образовательных программ и фактический перенос учебного процесса в открытые информационно-образовательные среды и Интернет требуют наличия умений и навыков сетевого сотрудничества у студентов и преподавателей. В образовательном контексте такое сотрудничество позволяет эффективно реализовать следующие дидактические задачи: приобретать новые знания (один из партнеров отдает имеющиеся у него знания, а другой – приобретает, происходит взаимный обмен знаниями); закреплять имеющихся знаний (при обмене знаниями происходит их повторение и систематизация); коллективно строить новое знание (перенос имеющихся знаний на



новую задачу или проблему с одновременным объединением знаний, взглядов, суждений нескольких партнеров).

В ходе обучения в вузе сетевое сотрудничество студентов и преподавателей может принимать следующие формы:

- коллективная работа студентов при выполнении заданий группового характера или консультирование друг друга по персональным заданиям (совместные обсуждения, принятия решений, формулирования выводов, оформления результатов; выполнение функций взаимопомощи и взаимоконтроля, кураторства и наставничества);

- сотрудничество студента и преподавателя (преподаватель консультирует, оказывает педагогическую помощь и сопровождение, поясняет результаты выполненных учебных заданий и их оценивания, согласовывает учебные траектории, а студент готовит вопросы, формулирует проблемы, участвует в их обсуждении).

В результате, сетевое сотрудничество становится условием успешной образовательной и профессиональной деятельности, что требует включения в профессиональную подготовку будущих специалистов соответствующих разделов информационной подготовки, опыт которой накоплен в Тольяттинской академии управления. Так, с 2010 года студенты всех направлений подготовки бакалавриата проходят обучение по специальному курсу «Информационный менеджмент» (входит в общую дисциплину «Информатика»), состоящий из разделов: «Организация индивидуальной и групповой работы в глобальных сетях», «Коллективная работа с документами в локальных сетях», «Защита передаваемой по сетям информации». В качестве Интернет-площадки сетевого сотрудничества используется портал Google, выбор которого обоснован следующими преимуществами: обладает широким набором бесплатных облачных технологий и постоянно их расширяет; осуществляет поддержку работы корпоративных организаций, образовательных учреждений, пространств личного назначения; обладает большим количеством зарегистрированных пользователей.

Проведение подобного рода занятий с переносом учебного процесса в Интернет требует тщательной предварительной подготовки. Необходимо учесть:

- наличие квот (со стороны Интернет-портала) по одновременному обращению к Интернет-сервису с одного и того же IP-адреса, которые ограничивают количество студентов, одновременно выполняющих практические задания, что приводит к необходимости «разнесения» практических занятий во времени при фронтальном учебном процессе;

- обязательную регистрацию на Интернет-портале, приводящую к разделению студенческой аудитории на первом практическом занятии на две части – на тех, кто имеет учетные записи, и тех, кому необходимо выделить время на регистрацию, что желательно учесть при планировании занятия;

- высокую динамику обновления сетевых технологий, интерфейсов используемых Интернет-сервисов и их возможностей, что предполагает постоянный педагогический мониторинг данных изменений до начала занятий



и внесения соответствующих изменений в учебно-методические материалы курса.

Несмотря на существующие организационные и методические сложности организация практических занятий, их перенос в Интернет воспринимается студентами позитивно, так как глобальная сеть является ведущей средой обитания молодежи и выступает для них основным источником актуальной научной и учебной информации и перспективной формой обучения [2].

Для успешного освоения материала и эффективного формирования компетенции сетевого сотрудничества при организации практических занятий по данному спецкурсу применяется интерактивная технология работы в малых группах (совместно с преподавателем), проекционная техника и следующую совокупность универсальных принципов:

- принцип деятельности обеспечивает накопление у студента реального опыта работы в открытой среде как индивидуально, так и в группе и, в результате, более эффективное формирование навыков сетевого сотрудничества и более прочное усвоение теоретического материала;

- принцип наглядности позволяет быстро ориентироваться в потоке новой информации (как в материале преподавателя, так и на экране компьютера при работе в сети) за счет демонстрации на проекторе наиболее трудных моментов выполняемых заданий и получаемых результатов работы, уменьшать количество попыток выполнения заданий студентами и сокращать время их выполнения; одновременно преподаватель может быстро принимать решение об изменении хода работы (например, при появлении технологических проблем) и вносить в занятие необходимые коррективы;

- принципы личностно-ориентированного взаимодействия и индивидуального подхода (как непосредственно в аудитории, так и опосредованно в сети) повышают мотивацию студентов к выполнению задания и ответственность за результаты, обеспечивают формирование способностей к коммуникационному взаимодействию с преподавателем и другими студентами;

- принцип обратной связи, реализуемый через отслеживание результатов работы каждого студента на проекторе, способствует успешному выполнению учебных заданий, так как позволяет сразу обсуждать результаты работы и получать помощь преподавателя и рекомендации по их улучшению.

Помимо накопления студентами практических навыков и приемов сетевой коллективной работы в ходе проведения занятий необходимо формировать у студентов культуру коммуникационного взаимодействия, что является зоной ответственности преподавателя как организатора занятий, активного участника сетевого взаимодействия и носителя общей и коммуникативной культуры [3]. Коммуникативная культура представляет собой совокупность культурных норм, знаний, ценностей, умений и навыков, используемых в процессе коммуникации и способствующих ее эффективности, связана со способностями партнеров проявлять гибкость и тактичность в общении друг с другом, разрешать возникающие в ходе диалога проблемы и согласовывать свои действия. Именно коммуникативная культура преподавателя должна стать основой для снятия





психологических барьеров взаимодействия студента и преподавателя и образом культуры сетевого взаимодействия. Ее успешному развитию способствует опора на следующие педагогические техники и принципы: ориентация на понимание не только самих электронных сообщений, но и студента как партнера по коммуникации; обеспечение содержательной доступности электронных сообщений как по сложности текста, так и по каналу передачи; обеспечение содержательной безопасности электронных сообщений для предотвращения возможных психофизиологических и социально-психологических деформаций личности; подчеркивание в электронных сообщениях общности целей и интересов со студентом, его значимости как партнера по выполняемой работе; ориентация на регуляцию эмоционального напряжения во взаимодействии [4].

При сетевом взаимодействии преподавателю следует учитывать существование коммуникативных шумов и помех в электронных сообщениях, возникающие либо как результат информационной перегрузки реципиента, когда параллельно с контентом сообщения к нему может поступать дополнительная информация с экрана, рекламных вставок и внедренных в сообщение «невидимых» блоков, либо провоцироваться недостаточностью информации в самом сообщении из-за ограничения количества используемых символов, сокращений и неточностей в тексте. Наличие коммуникативных шумов и помех искажает сообщение и нарушает его целостность, препятствуя его адекватному восприятию. Восприятие информации электронного сообщения может препятствовать также структурный шум, возникающий из-за отсутствия логической конструкции сообщения, что затрудняет выделение в нем главных моментов.

Таким образом, для обеспечения качественного коммуникационного взаимодействия преподавателя и студента необходима разработка регламентов (процедур) взаимодействия, построение и применение в коммуникациях правил взаимодействия на основе сетевой культуры и примерных шаблонов (образцов) сообщений.

В ходе многолетнего опыта проведения спецкурса «Информационный менеджмент» зафиксирован не спадающий интерес студентов к сетевому сотрудничеству (в том числе с преподавателем), к групповой работе с другими студентами, проектными и творческими командами. После прохождения данного спецкурса наблюдается рост сетевых контактов студентов с преподавателями, расширение вопросов учебного процесса, разрешаемых в ходе их сетевого взаимодействия, применение полученных знаний сетевой коллективной работы на реальных рабочих местах.

#### Литература

1. Психологос. Энциклопедия практического психолога. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.psychologos.ru/articles/view/sotrudnichestvo>.
2. Раицкая Л.К. Дидактические и психологические основы применения технологий Веб 2.0. в высшем профессиональном образовании [Текст]: монография / Л.К. Раицкая. – М.: МГОУ, 2011. – 173 с.



3. Стрекалова Н.Б. Сетевые коммуникации в современном образовании [Текст] / Н.Б. Стрекалова // Педагогический опыт: теория, методика, практика: материалы VI Международной науч.-практ. конф. (Чебоксары, 19 февр. 2016 г.) / редкол.: О. Н. Широков [и др.]. – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2016. – № 1 (6). – С. 116–117.

4. Сысоева Е.Ю. Коммуникативная культура преподавателя вуза [Текст]: учебное пособие / Е.Ю. Сысоева. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 2014. – 144с.

В.М. Тимошина, Л.С. Зеленко

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ «МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ» ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Теория оптимизации находит эффективное применение во всех направлениях инженерной деятельности, и в первую очередь в следующих четырех ее областях:

- 1 проектирование систем и их составных частей;
- 2 планирование и анализ функционирования существующих систем;
- 3 инженерный анализ и обработка информации;
- 4 управление динамическими системами.

Несмотря на то, что методы теории оптимизации отличаются универсальностью, их успешное применение в значительной степени зависит от профессиональной подготовки инженера, который должен иметь четкое представление о специфических особенностях изучаемой системы. Для того чтобы успешно использовать методы оптимизации на практике, необходимо разработать «принципиальную схему» функционирования системы или выявить ее структуру; тогда задача оптимизации сводится к выбору таких значений переменных, которым соответствует наилучшее значение характеристического показателя качества функционирования системы.

Представляемая авторами система предназначена для использования студентами инженерных специальностей, прослушавшими лекции по курсу «Методы оптимизации», для закрепления теоретического материала и выполнения практических заданий по двум темам:

- 1) «Одномерные методы оптимизации», где студенты изучают такие методы как: метод «золотого сечения», метод Фибоначчи, квадратичная интерполяция, метод Ньютона (касательных),
- 2) «Многомерные методы оптимизации», где студенты изучают такие методы как: метод Нелдера-Мида, метод Хука-Дживса, метод наискорейшего спуска, метод Дэвидона-Флетчера-Пауэлла.



Система построена по клиент-серверной архитектуре (рис. 1). На серверной части хранятся все данные, необходимые для поддержки учебного процесса (база данных и файлы с результатами работы студентов). Клиентское приложение системы обеспечивает пользователям доступ ко всем функциям системы, а также осуществляет связь с серверной частью системы по протоколу TCP/IP, что подразумевает работоспособность системы как в локальной сети, так и в глобальной сети Интернет. Структура клиентской части системы соответствует системе распределения ролей:

- 1) Подсистема «Администратор» обеспечивает разграничение прав пользователей, дает возможность работать с учетными записями, формировать списки учебных групп;
- 2) Подсистема «Преподаватель» обеспечивает работу преподавателя: он может составлять и выдавать задания студентам (рис. 2), осуществлять проверку выполненных заданий и контролировать текущую успеваемость студентов в подсистеме «Электронный журнал» (рис. 3), а также загружать в систему теоретические материалы и методические разработки по каждой теме.
- 3) Подсистема «Студент» дает возможность студенту выполнять учебные задания, для этого он должен правильно подобрать параметры функции, при которых она примет оптимальное значение (на рис. 4 приведен пример выполнения задания по теме «Многомерная оптимизация»). После получения результата студент может сохранить результат выполнения задания в файл, который будет храниться на сервере.

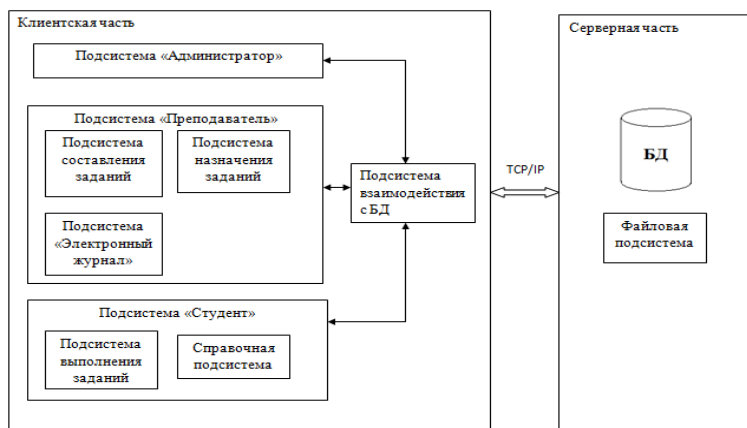


Рис. 1. Структурная схема системы



The screenshot shows the 'Преподаватель' (Teacher) window with the 'Задание' (Task) tab selected. It includes a 'Группа' (Group) dropdown set to '6112', a 'Плановая дата' (Planned date) field set to '20.05.2016', and a 'Применить' (Apply) button. Below are tabs for 'Одномерная оптимизация' (One-dimensional optimization) and 'Многомерная оптимизация' (Multi-dimensional optimization). Under 'Одномерная оптимизация', there are radio buttons for 'Метод Ньютона' (Newton's method), 'Метод Фибоначчи' (Fibonacci method), 'Метод "золотого сечения"' (Golden section method), and 'Квадратичная интерполяция' (Quadratic interpolation). A 'Вариант' (Variant) field is set to '2', and a 'Функция' (Function) field is set to 'x^3'. At the bottom is a 'Сохранить' (Save) button.

| ФИО студента              | Вариант | Метод оптимизации | Функция |
|---------------------------|---------|-------------------|---------|
| Иванов Иван Иванович      | 2       | Метод Ньютона     | x^3     |
| Быкова Анна Сергеевна     |         |                   |         |
| Крылов Василий Степанович |         |                   |         |
| Новиков Вадим Федорович   |         |                   |         |

Рис. 2. Экранная форма «Создание задания»

The screenshot shows the 'Преподаватель' (Teacher) window with the 'Журнал' (Journal) tab selected. It includes a 'Группа' (Group) dropdown set to '6123 С 456'. The main area displays a table with student performance data.

| ФИО студента                   | Одномерная оптимизация |            |        | История | Многомерная оптимизация |            |        | История |
|--------------------------------|------------------------|------------|--------|---------|-------------------------|------------|--------|---------|
|                                | Плановая дата          | Факт. дата | Оценка |         | Плановая дата           | Факт. дата | Оценка |         |
| Архипов Антон Владимирович     | 2                      | 7.03.2014  | 4      |         | 3                       | 7.03.2014  | 5      |         |
| Андреева Валентина Сергеевна   | 1                      | 5.03.2014  | 5      |         | 4                       | 6.03.2014  | 4      |         |
| Вахрамеев Роман Викторович     | 3                      | 4.03.2014  | 5      |         | 13                      | 5.03.2014  | 3      |         |
| Дядиченко Алёна Павловна       | 5                      | 3.03.2014  | 4      |         | 8                       | 4.03.2014  | 5      |         |
| Ермилова Катерина Алексеевна   | 7                      | 5.03.2014  | 3      |         | 9                       | 7.03.2014  | 4      |         |
| Жилиев Алексей Сергеевич       | 4                      | 7.03.2014  | 4      |         | 15                      | 7.03.2014  | 3      |         |
| Захаров Алексей Семенович      | 8                      | 3.03.2014  | 5      |         | 1                       | 3.03.2014  | 4      |         |
| Короткова Анастасия Викторовна | 12                     | 4.03.2014  | 3      |         | 5                       | 5.03.2014  | 5      |         |
| Кирпий Андрей Петрович         | 6                      | 7.03.2014  | 4      |         | 6                       | 7.03.2014  | 3      |         |

Рис. 3. Экранная форма «Электронный журнал»

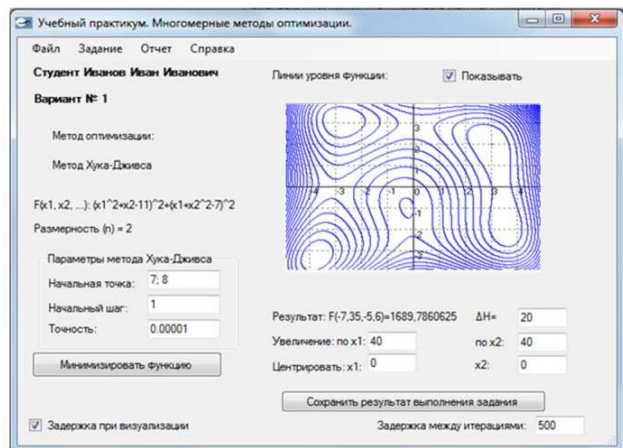


Рис. 4. Экранная форма для настройки параметров метода Хука-Дживса для многомерной оптимизации

Кроме выполнения обязательных учебных занятий студент имеет возможность изучить дополнительный материал: выбрать произвольную функцию и провести ее исследование.

Система разработана на языке программирования C# с использованием среды разработки Visual Studio 2010 и функционирует под управлением операционной системы Windows. В качестве СУБД выбрана MySQL Server 5.1, которая проста и надежна в использовании и обеспечивает высокую скорость обработки данных.

Ю.М. Тобратов

## МОДЕРНИЗАЦИЯ УЧЕБНОЙ ЛВС С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ WI-FI

(Рязанский государственный радиотехнический университет)

В настоящее время трудно представить учебный процесс в высших учебных заведениях без электронных средств обучения и всевозможных информационных сервисов, а так же без современных телекоммуникаций, позволяющих осуществлять качественный доступ к ним. Использование в этих целях мобильных вычислительных устройств с функцией работы в беспроводных сетях, число которых у потенциальных пользователей этих средств быстро и постоянно увеличивается, является оправданным и необходимым.

Модернизация локальной вычислительной сети (ЛВС) учебного подразделения вуза, за счет организации беспроводного доступа к ней, и сети Интернет рассмотрен на примере кафедры САПР ВС РГРТУ. При этом используется и не нарушается существующая структура ЛВС.



Зоны Wi-Fi-доступа в корпоративных сетях учебных заведений можно организовать двумя способами [1]:

- публичная зона беспроводного доступа (Wi-Fi «хот-спот»), охватывающая всю территорию учебного заведения с централизованным управлением и доступом к общим сервисам вуза и сети Интернет с определенными ограничениями.
- локальная зона беспроводного доступа, организованная на территории кафедр с доступом к их локальным сетевым ресурсам.

Создание локальных зон беспроводного доступа кафедр при существующей публичной зоне обусловлено необходимостью наличия надежной и устойчивой связи Wi-Fi с учетом сложной планировки учебных корпусов вуза и ограничении контингента пользователей с целью снижения нагрузки на каналы и точки беспроводного доступа. Особенно это важно при проведении учебных занятий с применением электронных обучающих средств.

Wi-Fi сегмент ЛВС кафедры при организации и проведении учебного процесса выполняет следующие задачи [2]:

- доступ к средствам электронного обучения, методической литературе и учебным материалам, представленным в электронном виде и хранимым на файловом сервере кафедры;
- доступ к размещенным на файловом сервере кафедры «материалам для скачивания»;
- работа с «дискон общего доступа» (хранение и копирование пользовательских файлов);
- доступ к информационным сервисам, предоставляемым локальным WEB-сервером кафедры;
- высокоскоростной, нелимитированный доступ к сети Интернет в учебных и научных целях.

Категории пользователей, активно использующие ЛВС кафедры [3]:

- контингент обучающихся на кафедре;
- профессорско-преподавательский состав кафедры;
- административные клиенты;
- учебно-вспомогательный состав кафедры;
- участники различных конференций и семинаров.

При работе в беспроводной сети пользователями приведенных категорий активно применяются мобильные электронные устройства различных типов: ноутбуки, планшеты, смартфоны, и др., с установленными на них различными операционными системами (ОС): Windows, Android, iOS.

На основании анализа всего выше перечисленного автором сформированы проекты решений построения беспроводного сегмента ЛВС кафедры с добавлением Wi-Fi-роутеров (беспроводных точек доступа) при использовании существующей топологии сети, сетевого и кабельного оборудования. Были протестированы несколько Wi-Fi-роутеров разных изготовителей и ценовых групп на предмет устойчивой работы при подключении через них пользовате-



лей, как к локальным ресурсам кафедры, так и к сети Интернет, определены рекомендации по их выбору и настройке. Для данной цели необходим Wi-Fi-роутер с возможностью работы с PPTP-протоколом (туннельный протокол типа «точка-точка») для организации VPN-соединения, осуществляющего подключение к сети Интернет через центральный сервер университета, а так же с параметром автоподключения к сети при разрыве соединения. Эти функции являются минимально необходимыми для выполнения роутером рассматриваемых в работе задач.

Предлагается использовать бюджетный Wi-Fi-роутер TP-Link модели TL-WR841N, удовлетворяющий вышеперечисленным требованиям и имеющий ряд других преимуществ, таких как: высокая скорость беспроводного доступа – 300 Мбит/с, и мощный радиосигнал – усиление 5 дБ (две антенны). При недостаточном радиусе охвата беспроводной сети нужно использовать аналогичный роутер с большей передающей мощностью [4].

Для подключения к сети и работе с представленным в ней контентом на мобильные устройства необходимо установить и настроить программные приложения, в зависимости от их типа и используемой ОС. Протестированы некоторые свободно распространяемые программные приложения и даны рекомендации пользователям по их установке, настройке и применению.

Например, для ОС Android версий 4.x.x необходимо установить бесплатные приложения: файловый менеджер Total Commander и плагин Android LAN (Windows network) Plugin 2.09. На рис. 1 показано окно приложения Total Commander с установленным сетевым плагином LAN на примере смартфона Sony D2105 с ОС Android 4.4.2. Настройка установленных приложений в данном случае сводится к добавлению «нового сервера» (сервера содержащего необходимый контент), в качестве которого может выступать любой компьютер подключенный к локальной сети (рис. 2, а), задания его имени, ввода его IP-адреса в локальной сети, задания имени пользователя и его пароля для подключения к этому серверу (рис. 2, б). В данном случае подключение осуществляется к файловому серверу кафедры САПР ВС, где и хранится весь необходимый контент и установлены все необходимые сервисы, через него также осуществляется выход в сеть Интернет. На рис. 2, в представлен экран смартфона подключенного к папке файлового сервера содержащей учебно-методический контент, такой как файлы лекций, методических указаний, заданий и др.

Для просмотра учебно-методического контента необходимо применять соответствующие приложения, установленные на мобильном устройстве и позволяющие просматривать файлы различных форматов используемых для этих целей.

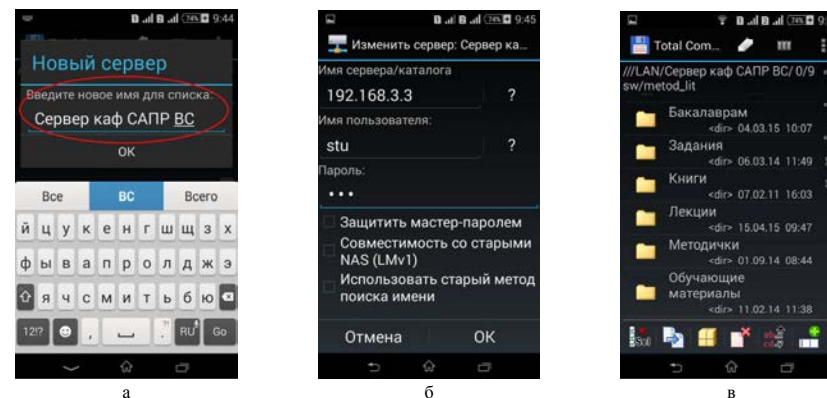


Рис. 2. Настройка Total Commander с установленным сетевым плагином

Если таковые приложения на мобильном устройстве отсутствуют, то рекомендуется установить бесплатную (или платную с расширенными возможностями) версию офисного приложения OfficeSuite v.8.4., которое позволяет просматривать и редактировать текстовые файлы, файлы презентаций, электронных таблиц, а так же читать файлы формата PDF. Этого в большинстве случаев достаточно для выполнения рассматриваемых задач.

Приложение Total Commander с сетевым плагином LAN так же позволяет работать с «материалами для скачивания», предоставляя возможность их сохранения на свое устройство и пользовательскими файлами расположенными как на «дисках общего доступа» сетевых ресурсов, так и на карте памяти самого мобильного устройства: операции копирования, переноса, удаления, создания папок и т.д.

Аналогичные программные приложения используются и для ОС iOS компании Apple, например рекомендуется использовать сетевое приложение для подключения к локальным серверам – RManager (бесплатно при работе с двумя серверами). В ОС Windows все необходимые приложения встроены в саму операционную систему и требуется только некоторая несложная настройка сетевых подключений.

Проекты и решения, представленные в данной работе, повысили степень применения электронных средств обучения и учебно-методического контента ЛВС в учебном процессе, за счет добавления значительного количества пользователей мобильных устройств при его проведении и организации на кафедре. В конечном итоге представленное решение привело к повышению эффективности и качества обучения студентов.

### Литература

1. Корячко В.П., Перепелкин Д.А. Анализ и проектирование маршрута передачи данных в корпоративных сетях. М.: Горячая линия – Телеком, 2012. 238 с.

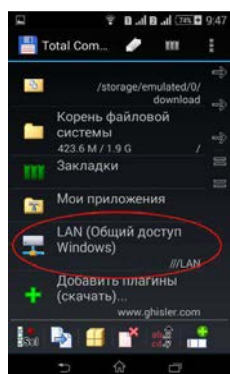


Рис. 1. Окно приложения Total Commander с установленным сетевым плагином



2. Тобратов Ю.М., Осин И.Г. Использование технологии Wi-Fi в ЛВС учебного подразделения вуза / Материалы XX Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов НИТ-2015. РГРТУ. 2015. С.183-184.

3. Тобратов Ю.М., Осин И.Г. Использование ЛВС при организации учебного процесса / Материалы XX Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов НИТ-2015. РГРТУ. 2015. С.184-185.

4. Тобратов Ю.М. Применений технологий Cisco при модернизации ЛВС учебного подразделения вуза / Информационные технологии: межвуз. сб. науч. тр. Рязань. РГРТУ. 2015. С. 115-117.

Ю.В. Цыганова, Е.Ф. Прохорова

## АВТОМАТИЗАЦИЯ СОСТАВЛЕНИЯ РАБОЧИХ ПРОГРАММ УЧЕБНЫХ КУРСОВ

(Ульяновский государственный университет)

### Введение

Сотрудники и преподаватели Ульяновского государственного университета во время прохождения процедуры аккредитации 2015 г. столкнулись с актуальной проблемой быстрого и качественного создания рабочих программ учебных дисциплин на уровне требований стандартов ФГОС ВПО.

Цель данной работы – проанализировать проблемы автоматизации составления рабочих программ учебных курсов и разработать прикладную программу для автоматической генерации рабочих программ по заданным шаблонам. Главная цель разработки такой прикладной программы состоит в сокращении длительности процесса составления и многократного редактирования рабочих программ.

В современных условиях необходимо совершенствовать качество подготовки специалистов на основе практической направленности квалифицированных требований с учётом конъюнктуры рынка труда. Это предопределяет необходимость перехода вузов к новым стандартам образования, что в свою очередь влечёт за собой постоянные изменения в оформлении и составлении новых рабочих программ.

Рабочая программа дисциплины является одним из основных и важных документов общей образовательной программы по соответствующему направлению высшего учебного заведения. Поэтому в настоящее время для успешной деятельности вузов необходима комплексная автоматизация всех аспектов его деятельности. Целесообразно упростить трудоёмкий и долговременный процесс создания и редактирования рабочих программ, используя автоматизированную программную систему.



Актуальность данной темы обусловлена тем, что в настоящее время существует множество различных систем по автоматизации учебного процесса вуза, но, к сожалению, ни одна из них не предусматривает автоматического создания рабочих программ учебных курсов [1].

Предлагаемая прикладная программа позволит создавать рабочие программы единого образца по всем учебным дисциплинам, снизить количество ошибок при их создании и значительно сэкономить время сотрудников и преподавателей кафедр высшего учебного заведения. Программа должна включать базу данных с необходимой информацией и средства генерации рабочих программ и выходного файла отчёта в качественном формате LaTeX.

Новизна результатов заключается в построении модели данных, в полной мере отражающей сложную структуру и разделы рабочей программы. Генерация рабочих программ будет осуществляться в формат LaTeX, так как главным преимуществом LaTeX'a является абсолютно одинаковый внешний вид готовых страниц во всех операционных системах и непревзойденное до сих пор качество полиграфических текстов и математических формул. Кроме того, этот пакет бесплатный, он имеет удобный пользовательский интерфейс и богатый функционал. Создание и заполнение рабочей программы выполняется с помощью заготовленного шаблона документа. Шаблон представляет собой макет документа, в котором находятся специальные поименованные поля «переменные», таблицы, заголовки и т. д. [2].

В настоящее время использование современных средств автоматизации позволит создать условия для рационального использования рабочего времени сотрудников кафедры, обеспечить быстрый доступ к необходимой информации, а также её надежное хранение и дальнейшее использование.

### Выбор системы управления базами данных

В настоящее время самой популярной системой управления базами данных является MySQL. Это функциональная, свободно распространяемая СУБД. Обучиться использованию этой СУБД довольно просто, так как в Интернете доступно большое количество информации [3].

Сравнивая СУБД MySQL с другими базами данных, вышеперечисленные преимущества делают СУБД MySQL идеальным кандидатом для разработки программного приложения с базой данных. СУБД может хранить огромное количество записей в своих таблицах. Этим обеспечивается возможность создания крупных проектов. Немаловажным показателем является также простая и эффективная система безопасности MySQL [4].

### Выбор языка программирования

Для реализации программного проекта был выбран язык C# и интегрированная среда разработки Microsoft Visual Studio 2013.

Язык C# обладает многими современными свойствами языков программирования, которые подробно рассматриваются в книге [5]. Одни из наиболее важных нововведений относятся к встроенной поддержке компонентов про-





граммного обеспечения. Самая важная характеристика C# – это способность работать в многоязыковом окружении.

### Разработка базы данных проекта

База данных спроектирована с помощью программы MySQL Workbench [6].

Структура базы данных состоит из 10 таблиц (рис. 1), которые отражают необходимую информацию для создания рабочей программы по дисциплине.

### Описание предметной области

Предметная область: множество рабочих программ учебных курсов. Сотрудники кафедр, т. е. преподаватели, осуществляют создание рабочих программ учебных курсов, включенных в их нагрузку. Каждая рабочая программа имеет сложную структуру, которая отражена в таблице *rp*.

Также имеется список преподавателей, в котором каждый преподаватель имеет идентификационный номер, ФИО, логин и пароль. Все преподаватели имеют «привязку» к какой-либо кафедре, а кафедра в свою очередь связана с факультетом. Кафедра и факультет имеют идентификационный номер и наименование.

Каждая кафедра осуществляет подготовку специалистов по различным направлениям. Направления имеют идентификационный номер, наименование, код и профиль.

Учебный план по направлению подготовки (специальности) определяет организацию и содержание подготовки студентов, и разрабатывается в соответствии с требованиями ФГОС ВПО. Предусматривается также перечень и последовательность всех изучаемых дисциплин ООП, а также трудоёмкость каждой из них (в зачётных единицах и академических часах). Последовательность изучения дисциплин основана на их преемственности и определяется логическими связями и зависимостями между ними, которые, в свою очередь, опираются на перечень компетенций (или их компонентов).

Назначение базы данных – обеспечение подготовки, хранения и просмотра необходимой информации для создания рабочих программ учебных курсов.

### Заключение

Задача использования информационных технологий для обеспечения организации учебного процесса в настоящее время является актуальной. Все используемые ранее системы по автоматизации учебного процесса вуза не предусматривают автоматического создания рабочих программ дисциплин учебного процесса. Поэтому создание автоматизированной системы генерации рабочих программ стало одной из важных задач, требующих неотложного решения. Такая система позволяет создавать условия для рационального использования рабочего времени сотрудников кафедры и обеспечить быстрый доступ к необходимой информации.

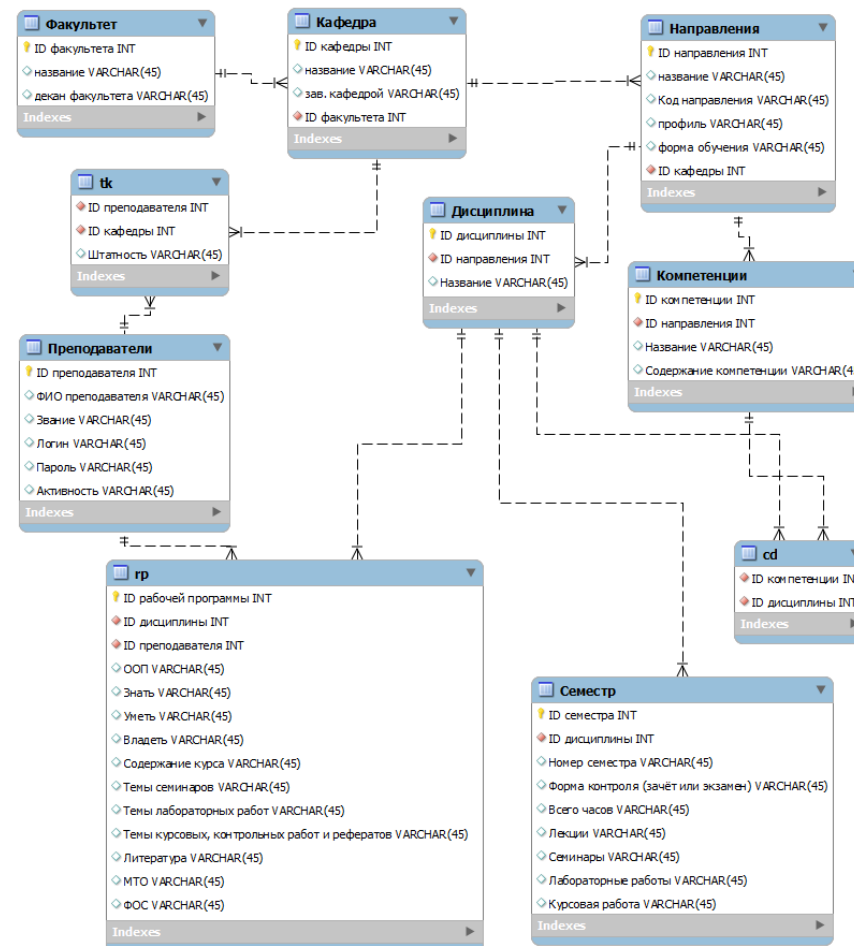


Рис. 1. EER – диаграмма

### Литература

1. Записки методиста [Электронный ресурс]. – [2010]. – Режим доступа: [http://monick.mypage.ru/otehnologijah/asu\\_avtomatizirovannie\\_sistemi\\_upravleniya\\_obrazovaniem\\_zap.html](http://monick.mypage.ru/otehnologijah/asu_avtomatizirovannie_sistemi_upravleniya_obrazovaniem_zap.html)
2. Королева И.Ю. Автоматизация процесса разработки рабочих программ по дисциплинам, преподаваемым в вузах / Королева И. Ю., Влазнева Д. Г. // Журнал научных публикаций аспирантов и докторантов. – 2012. – № 5. – С. 115-116.





3. Ульман Л. MySQL: руководство по изучению языка: ДМК Пресс, 2004. – 354 с.
4. Введение в базы данных. Что такое MySQL? [Электронный ресурс]. – [2011]. – Режим доступа: <http://siteblogger.ru/uroki-mysql/vvedenie-v-bazy-dannyx-chto-takoe-mysql.html>
5. Шилдт Г. С# Учебный Курс. – П.: Питер, 2003. – 471 с.
6. Руководство по проектированию реляционных баз данных [Электронный ресурс]. – [2013]. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/193136/>

Р.Б. Шаталов

### РЕГИОНАЛЬНАЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ВЫПОЛНЕНИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТОВ ШКОЛЬНИКАМИ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Актуальность развития форм работы с одаренной молодежью подчеркивается такими документами, как «Концепция общенациональной системы выявления и развития молодых талантов» [1], указ Президента РФ «О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки», Постановление Правительства РФ от 17.11.2015г. № 1239 «Об утверждении Правил выявления детей, проявивших выдающиеся способности, сопровождения и мониторинга их дальнейшего развития» [2].

Постановлением Губернатора Самарской области был образован Координационный совет по работе с одаренной молодежью в сфере науки и техники при Администрации Губернатора Самарской области. В рамках решения основных задач Координационного совета начата реализация научно-образовательной программы конкурсного отбора школьников Самарской области в Губернаторский реестр творчески одаренной молодежи в сфере науки, техники и технологий [3]. Ее составной частью является инфокоммуникационная система «ВЗЛЕТ» (ИКС «ВЗЛЕТ»).

ИКС «ВЗЛЕТ» (располагается по адресу <http://vzletsamara.ru>) базируется на клиент-серверной архитектуре. Клиентская часть (более 50 web-страниц) системы написана на HTML/CSS/JS с использованием AJAX-технологии. Серверная часть состоит из 14 web-модулей, написанных на языке программирования C++ (с использованием Qt библиотек). Один из модулей (модуль автоматической рассылки сообщений на адреса электронной почты) написан на языке программирования C# с использованием платформы .NetFramework 4.5. В качестве СУБД в ИКС «ВЗЛЕТ» используется Microsoft Access 2003. Разработанная база данных состоит из 37 взаимосвязанных между собой таблиц.

ИКС реализует следующие основные режимы:

1. Участники Программы
2. Ввод тематики, запросов, коллективов



- Ввод учителем сложившихся коллективов с тематикой
  - Ввод учеными ВУЗов предлагаемой тематики исследований
  - Ввод учителями запросов на консультирование проектов учеными ВУЗов
3. Выбор и формирование коллективов
  4. Просмотр и ввод информации о ходе исследования
    - Просмотр информации о работе Программы
    - Ввод информации о работе Программы
  5. Запишись и участвуй
    - Ввод мероприятия
    - Просмотр и запись на мероприятие
    - Мониторинг участия в мероприятиях
    - Модерирование мероприятий
  6. Мониторинг хода исследования: (статистика предлагаемой тематики по вузам; предлагаемой тематики по подразделениям вуза; поэтапного выполнения проектов по подразделениям вуза; результатов выполнения проектов по подразделениям вуза; результатов выполнения проектов по подразделениям вуза; запросов на консультирование и проектов по территориальным управлениям; запросов на консультирование по школам; принятых к выполнению проектов по школам; поэтапного выполнения проектов по территориальным управлениям; результатов выполнения проектов по школам, а также ход выполнения отдельных проектов и уровень взаимодействия в коллективах)
  7. Региональный конкурс «ВЗЛЕТ»
    - Положение о Конкурсе
    - Критерии оценки проектов
    - Программа и результаты Конкурса
    - Вход для рецензентов
    - Вход для секретарей секций
    - Рецензирование проекта (учителем, учеником, научным консультантом и рецензентами)
  8. Достижения и поощрения участников
    - Ввод сведений о достижениях участников
    - Достижения участников
  9. Кабинет учителя, ученика (с возможностью загрузки файла проекта в систему), научного консультанта и администратора
  10. Восстановление кодов доступа пользователя

Охарактеризуем наиболее важные режимы ИКС «ВЗЛЕТ» (в большинстве из них основные параметры представлены в графическом исполнении).

**Участники Программы.** В данном разделе пользователь системы (в том числе и гость) имеет возможность просмотреть всех участников системы, про-



известить фильтрацию информации по статусу, а также увидеть список участников, связанных с конкретными проектами или запросами на консультирование (учеников, учителей и научных консультантов).

**Ввод учеными ВУЗов предлагаемой тематики исследований.** Посредством этого режима ученый (в системе - научный консультант) вуза Самарской области имеет возможность ввести конкретную тему исследования для осуществления по ней консультаций школьника (в системе - автора проекта) и его учителя (руководителя проекта). После ввода темы проекта в систему, ей присваивается статус «Предлагаемая».

**Ввод учителем запроса на консультирование проектов учеными ВУЗов.** При отсутствии интересующей тематики, предлагаемой научным консультантом, учитель имеет возможность подать заявку (совместно с учеником) на осуществление консультирования ученым вуза школьника по конкретному направлению.

**Ввод учителем сложившихся коллективов с тематикой.** Если у учителя с учеником уже имеется сложившийся коллектив с научным консультантом от вуза, то посредством этого режима имеется возможность зарегистрировать коллектив. После регистрации коллектива в системе непосредственно начинается работа над проектом.

**Выбор тематики и формирование коллективов.** Посредством этого режима происходит конкретный выбор темы проекта для осуществления научного консультирования ученым вуза Самарской области (для ученика), но создание «микроколлектива» (ученик-учитель-консультант) происходит поразному. При выборе темы проекта учителем (совместно с учеником) непосредственная работа над проектом начинается только после принятия научным консультантом поданной заявки, а при выборе научным консультантом запроса от учителя (совместно с учеником) работа над проектом начинается с момента создания «микроколлектива».

**Ввод информации о ходе исследования.** В данном режиме, используя фильтр по организациям (университетам, территориальным управлениям) и статусу пользователя, имеется возможность просмотреть все темы проектов участников системы. Также этот режим является личным кабинетом ученика, учителя и консультанта (в зависимости от того, кто вошел в систему). В личном кабинете каждый из участников микроколлектива имеет возможность оценить уровень взаимодействия с другими участниками, а также указать (по своему мнению) текущий этап выполнения работы над проектом.

**Тренинги, викторины, опросы.** Данный режим состоит из трех функциональных режимов: «Ввод мероприятия» (ввод нового мероприятия организациями-партнерами для участия в них школьников), «Просмотр и запись на мероприятие» и «Мониторинг участия в мероприятиях» (координатор от организации-партнера производит фиксацию посещения мероприятия школьником).

**Мониторинг хода исследований.** Этот режим обусловлен несколькими режимами отчетности, отражающими основную статистику накопления ин-



формационной базы ИКС «ВЗЛЕТ», а также ходом выполнения проектов (по вузам и территориальным управлениям).

Разработанные режимы **ИКС «ВЗЛЕТ»** активно используются в **15** территориальных управлениях, **12** университетах, а также более, чем в **500** образовательных организациях Самарской области. В результате работы **ИКС «ВЗЛЕТ»**, по состоянию на 10.03.2016г. в системе размещено учеными вузов более **500** предложений тематики индивидуальных проектов школьников и ведется мониторинг научного консультирования около **300** проектов, выполняемых школьниками **250** школ Самарской области.

В процессе внедрения работы автором проводятся непрерывные дистанционные консультации **12** университетов и общеобразовательных организаций Самарской области. Также осуществляется техническая поддержка пользователей системы. Количество удовлетворенных обращений пользователей – **89**.

### Литература

1. Концепция общенациональной системы выявления и развития молодых талантов [Электронный ресурс] //URL: <http://www.edu53.ru/np-includes/upload/2012/09/10/2837.pdf>
2. Постановление Правительства РФ от 17.11.2015г. №1239 «Об утверждении Правил выявления детей, проявивших выдающиеся способности, сопровождение и мониторинг их дальнейшего развития [Электронный ресурс] //URL: <http://government.ru/media/files/oxUAa6PpURsefK00tPz6M5vhRX3qC81D.pdf>
3. Положение о научно-образовательной программе конкурсного отбора школьников Самарской области в Губернаторский реестр творчески одаренной молодежи в сфере науки, техники и технологий [Электронный ресурс] //URL: <http://vzletsamara.ru/files/documents/approvalRegulationNOPVZLET.pdf>



## МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

T.N. Bushtruk, A.A. Bushtruk

### IDENTIFICATION METHOD OF THE QUASI-STATIONARY TIME SERIES

(Samara State University of Transport, Samara, Russia)

**Abstract.** Solution of the tasks for operative and strategic planning requires adequate models of time processes of the different physical nature. There are method and algorithm of identification of forming filter model for quasi-stationary time processes in the paper. The identification procedure is implemented by the ID. The expression obtained gives the solution of the forming filter identification. Obtaining models of time series are used in the control systems and prediction. Adaptation of measuring and computing identification system gives the accuracy of the parameters assessments model.

#### 1. Introduction

Methods and identification algorithms, developed in [1, 2], are a powerful tool for using in systems control, information transfer, measuring systems, forecasts. Identification methods of time series of the production flows have decisive importance in the procedures of operative and strategic planning. The main problem in the analysis of time series is the construction of the model, adequately reflecting the dynamics of these processes. The application of correlative-spectral identification methods provides a solution to this problem. The independent creation of amplitude-frequency and phase-frequency characteristics is achieved in a nonlinear identification device for quasi-stationary time process. Implementation of the system is given in Fig 1.

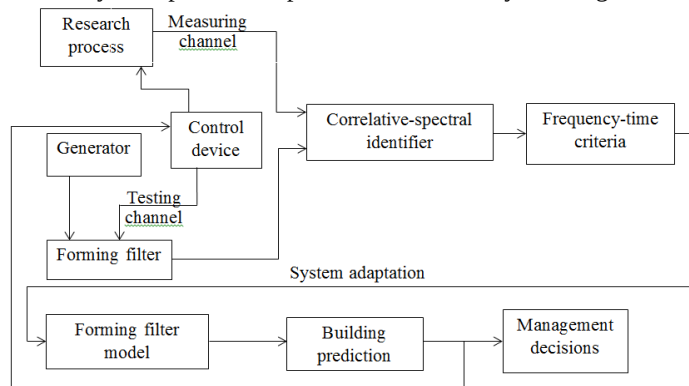


Figure 1. The structural scheme of the identification module of time series



The proposed correlation-spectral method and algorithms for identification time series provide determination of parameters of the forming filter of the time process.

#### 2. Equations Identification of Models of the Quasi-stationary Time Process

It is known that time process is generated by a linear filter, when signal type white noise is applied to the input [3]. Time processes is quasistationary on researching length. The scale coefficients and time constants are changed slightly. The description of the investigated segments is represented

$$y(t; \Delta t_1) = \int_0^\infty h(\mu_1; \Delta t_1) x(t - \mu_1) d\mu_1, \dots, y(t; \Delta t_f) = \int_0^\infty h(\mu_f; \Delta t_f) x(t - \mu_f) d\mu_f, \quad (1)$$

where  $h(\mu_i; \Delta t_i)$  – impulse response quasistationary linear forming filter;  $x(t) = \sigma \delta(t)$  – white noise with unknown weight  $\sigma$ ,  $\delta(t)$  – Delta function;  $\Delta t_i = t_{i+1} - t_i$ ,  $i = \overline{1, f}$ . According to the statement of the problem time intervals  $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \dots = \Delta t_f$ . Inverse Laplace transform from impulse response of the linear formed filter is rational transfer function (TF) of the form:

$$W_{\Phi\Phi}^{(i)}(S) = k^{(i)} \prod_{q=1}^{m^{(i)}} (Q_q^{(i)} S + 1) / \prod_{q=1}^{n^{(i)}} (T_q^{(i)} S + 1),$$

where  $k^{(i)}$ ,  $Q_q^{(i)}$  and  $T_q^{(i)}$  – respectively the scale coefficients and the time constants of the forming filter, which are piecewise continuous functions of time (these functions do not change on quasi-stationary phase),  $m^{(i)}$ ,  $n^{(i)}$  – the orders of polynomials of the numerator and denominator TF.

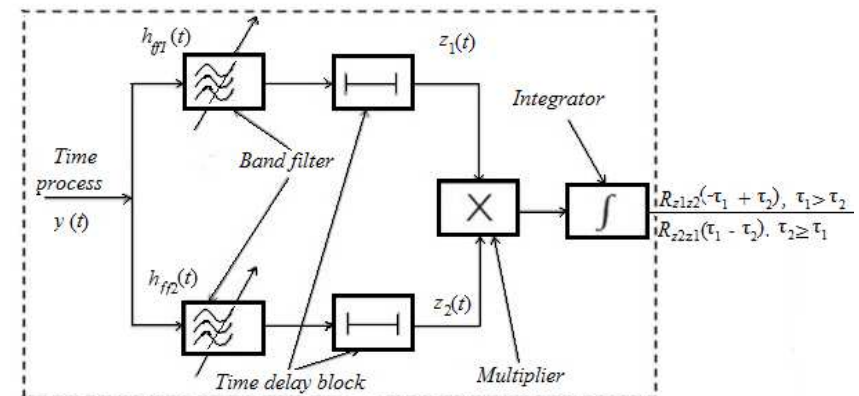


Figure 2. The structural scheme correlative-spectral identifier (ID)



The problem of identifying the model of quasi-stationary time process is the definition of assessments  $\hat{\sigma}, k^{(i)}, \hat{m}^{(i)}, \hat{n}^{(i)}, \hat{Q}_q^{(i)}$  и  $\hat{T}_q^{(i)}$  in the TF of the forming filter on the quasistationary parts  $\Delta t_i$ .

For further calculations we use signals  $y(t), z_1(t - \tau_1; \Delta t_\gamma)$  and  $z_2(t - \tau_2; \Delta t_q)$  (see Fig. 2), expressions for which are following

$$\begin{aligned} y(t) &= \int_0^\infty h_{ff}(\theta) x(t - \theta) d\theta, \\ z_1(t - \tau_1; \Delta t_\gamma) &= \int_0^\infty h_{f1}(\mu_\gamma) y(t - \tau_1 - \mu_\gamma; \Delta t_\gamma) d\mu_\gamma \\ z_2(t - \tau_2; \Delta t_q) &= \int_0^\infty h_{f2}(\mu_q) y(t - \tau_2 - \mu_q; \Delta t_q) d\mu_q, \end{aligned} \quad (2)$$

where  $\gamma, q \in \overline{1, f}$ ,  $h_{f1}(\cdot)$  и  $h_{f2}(\cdot)$  – impulse responses of the band filter in the correlative-spectral analyzer. The algorithm for correlation-spectral identification of the forming filter is based on the calculation of the following correlation functions.

$$\begin{aligned} R_{Z_2 Z_1}(\tau_2 - \tau_1) &= \frac{1}{t_0 - (\tau_2 - \tau_1)} \int_0^{t_0 - (\tau_2 - \tau_1)} z_2(t - \tau_2; \Delta t_\alpha) z_1(t - \tau_1; \Delta t_\beta) dt, \quad \tau_2 \geq \tau_1, \\ R_{Z_2 Z_1}(-\tau_1 + \tau_2) &= \frac{1}{t_0 - (\tau_1 - \tau_2)} \int_0^{t_0 - (\tau_1 - \tau_2)} z_1(t - \tau_1; \Delta t_c) z_2(t - \tau_2; \Delta t_d) dt, \quad \tau_1 > \tau_2, \end{aligned} \quad (3)$$

where  $\alpha, \beta, c, d \in \overline{1, f}$ . The equation (3) are valid for the case of, when  $t_{tp} \ll \Delta t_i$ , где  $i = \overline{1, f}$ ,  $t_{tp}$  – time transition process of the bandpass filter. It is also necessary that  $t_0 - (\tau_2 - \tau_1) < \Delta t_i$ ,  $\tau_2 \geq \tau_1$ ;  $t_0 - (\tau_1 - \tau_2) < \Delta t_i$ ,  $\tau_1 > \tau_2$  и  $i = \overline{1, f}$ . Substitute in the equation (3) expression for signals  $y(t), z_1(t - \tau_1; \Delta t_\gamma)$ ,  $z_2(t - \tau_2; \Delta t_q)$  (2) and get the following relation (example)

$$\begin{aligned} R_{Z_2 Z_1}(\tau_2 - \tau_1) &= \int_0^\infty \dots \int_0^\infty h_{ff}(\theta_1; \Delta t_\alpha) h_{ff}(\theta_2; \Delta t_\beta) h_{f2}(\mu_\alpha) h_{f1}(\mu_\beta) \times \\ &\times R_{xx}(\tau_2 - \tau_1 + \theta_2 - \theta_1 + \mu_\alpha - \mu_\beta) d\mu_\alpha d\mu_\beta d\theta_1 d\theta_2, \\ R_{Z_2 Z_1}\{-(\tau_1 - \tau_2)\} &= \int_0^\infty \dots \int_0^\infty h_{ff}(\theta_1; \Delta t_c) h_{ff}(\theta_2; \Delta t_d) h_{f2}(\mu_c) h_{f1}(\mu_d) \times \\ &\times R_{xx}\{-(\tau_1 - \tau_2) + \theta_1 - \theta_2 + \mu_c - \mu_d\} d\mu_c d\mu_d d\theta_1 d\theta_2, \end{aligned} \quad (4)$$



where  $R_{xx}(\tau) = \sigma^2 \delta(\tau)$  – the autocorrelation function of white noise with unknown  $\sigma^2$ . The structure and parameters of even-numbered bandpass filter in the analyzer should be selected such that its impulse response was  $h_{fi}(t) = k_{fi} \{\exp(-|t|/T_i) \cos \omega_0^{(i)} t\} / T_i$ , where  $\omega_0^{(i)}$  – the center frequency of the filter settings,  $k_{fi}$  – scale coefficients,  $T_i$  – time constants. Limit  $\lim_{T_i \rightarrow \infty} h_{fi}(t)$  for  $T_i \rightarrow \infty$  и  $k_{fi}/T_i = 1$  equals  $\cos \omega_0^{(i)} t$  for  $i = 1, 2$ . Limit values for  $h_{fi}(t)$  substitute in (4). The resulting integrals are evaluated on the basis of the filtering properties of the Delta functions.  $h_{ff}(t)$ ,  $h_{f1}(t)$  и  $h_{f2}(t)$  are symmetric functions to quasi-stationary parts, to transform (4) the Borel theorem on convolution is used.

$$\begin{aligned} R_{Z_2 Z_1}(\tau_2 - \tau_1) &= \sigma^2 \int_0^\infty \int_0^\infty h_{ff}(\theta_1; \Delta t_\alpha) h_{f1}(\mu_\beta) d\theta_1 d\mu_\beta \int_{-\infty}^\infty e^{j\omega(\tau_2 - \tau_1 + \theta_1 + \mu_\beta)} K_{ff}^{(\beta)}(\omega) e^{-j\Psi_{ff}^{(\beta)}(\omega)} \times \\ &\times \left\{ \frac{1}{2} \delta(\omega - \omega_0^{(2)}) + \frac{1}{2} \delta(\omega + \omega_0^{(2)}) \right\} d\omega \\ R_{Z_2 Z_1}\{-(\tau_1 - \tau_2)\} &= \sigma^2 \int_0^\infty \int_0^\infty h_{ff}(\theta_1; \Delta t_c) h_{f1}(\mu_c) d\theta_1 d\mu_c \int_{-\infty}^\infty e^{j\omega(\tau_1 - \tau_2 + \theta_1 + \mu_c)} K_{ff}^{(c)}(\omega) e^{-j\Psi_{ff}^{(c)}(\omega)} \times \\ &\times \left\{ \frac{1}{2} \delta(\omega - \omega_0^{(1)}) + \frac{1}{2} \delta(\omega + \omega_0^{(1)}) \right\} d\omega \end{aligned} \quad (5)$$

$K_{ff}^{(\beta)}(\omega), K_{ff}^{(c)}(\omega), \Psi_{ff}^{(\beta)}(\omega), \Psi_{ff}^{(c)}(\omega)$  – modules and phases of the complex transfer coefficients of the forming filter for time parts  $\beta$  and  $c$ , respectively. The integrals included in (5) are calculated based on filtering properties of Delta-functions and properties of Hermitian symmetry for forming filter. Then the Borel theorem on convolution is applied to integrals over  $\mu_\alpha$  and  $\mu_d$  also.

$$\begin{aligned} R_{Z_2 Z_1}(\tau_2 - \tau_1) &= \sigma^2 \int_0^\infty \int_0^\infty h_{ff}(\theta_1; \Delta t_\alpha) h_{f1}(\mu_\beta) d\theta_1 d\mu_\beta K_{ff}^{(\beta)}(\omega_0^{(2)}) \times \\ &\times \cos(\omega_0^{(2)}(\tau_1 - \tau_2 + \theta_1 + \mu_\beta + \Psi_{ff}^{(\beta)}(\omega_0^{(2)}) / \omega_0^{(2)})), \\ R_{Z_2 Z_1}\{-(\tau_1 - \tau_2)\} &= \sigma^2 \int_0^\infty \int_0^\infty h_{ff}(\theta_1; \Delta t_c) h_{f1}(\mu_c) d\theta_1 d\mu_c K_{ff}^{(c)}(\omega_0^{(1)}) \times \\ &\times \cos(\omega_0^{(1)}(\tau_1 - \tau_2 + \theta_1 + \mu_c + \Psi_{ff}^{(c)}(\omega_0^{(1)}) / \omega_0^{(1)})). \end{aligned} \quad (6)$$

For transformation (6) we use Borel theorem on convolution the same way



$$\begin{aligned} R_{z_2 z_1}(\tau_2 - \tau_1) &= \sigma^2 K_{\Phi\Phi}^{(\beta)}(\omega_0^{(2)}) K_{\Phi\Phi}^{(\alpha)}(\omega_0^{(2)}) \times \\ &\times \cos\left\{\omega_0^{(1)}((\tau_2 - \tau_1) + \Psi_{\Phi\Phi}^{(\beta)}(\omega_0^{(2)})/\omega_0^{(2)} - \Psi_{\Phi\Phi}^{(\alpha)}(\omega_0^{(2)})/\omega_0^{(2)})\right\}; \\ R_{z_2 z_1}(-\tau_1 + \tau_2) &= \sigma^2 K_{\Phi\Phi}^{(d)}(\omega_0^{(1)}) K_{\Phi\Phi}^{(c)}(\omega_0^{(1)}) \times \\ &\times \cos\left\{\omega_0^{(2)}((-\tau_1 + \tau_2) - \Psi_{\Phi\Phi}^{(d)}(\omega_0^{(1)})/\omega_0^{(1)} + \Psi_{\Phi\Phi}^{(c)}(\omega_0^{(1)})/\omega_0^{(1)})\right\} \end{aligned} \quad (7)$$

Thus, the expressions are obtained for cross-correlation functions [2, 5], they include modules of the complex transfer function and phase characteristics of the forming filter.

### 3. The Identification Algorithm of the Model Parameters of Forming Filter

The algorithm of parameters identification [1, 2, 4] model of the forming filter quasi-stationary time process is described below (method by Alexander D. Bushtruk). For maximum performance of identification device analysis of time process, will conduct the for which  $\alpha = \beta \pm 1$ ,  $c = d \pm 1$ . These conditions correspond to nearby parts of the time process.

1 In case of equality of frequencies,  $\omega_0^{(2)} = \omega_0^{(1)} = \omega_0$  we have:

$$\begin{aligned} R_{z_2 z_1}(\tau_2 - \tau_1) &= \sigma^2 K_{ff}^{(\beta)}(\omega_0) K_{ff}^{(\alpha)}(\omega_0) \cos\{\omega_0(\tau_2 - \tau_1) + \Psi_{ff}^{(\beta)}(\omega_0) - \Psi_{ff}^{(\alpha)}(\omega_0)\}; \\ R_{z_2 z_1}(-\tau_1 + \tau_2) &= \sigma^2 K_{ff}^{(d)}(\omega_0) K_{ff}^{(c)}(\omega_0) \cos\{\omega_0(-\tau_1 + \tau_2) - \Psi_{ff}^{(d)}(\omega_0) + \Psi_{ff}^{(c)}(\omega_0)\} \end{aligned} \quad (8)$$

2 For first part we have

$$R_{z_2 z_1}(-\tau_1 + \tau_2) = R_{z_2 z_1}(\tau_2 - \tau_1) = \sigma^2 \{K_{ff}^{(1)}(\omega_0)\}^2 \cos\{\omega_0(\tau_2 - \tau_1)\}. \quad (9)$$

Next characteristics and parameters are determined on the basis (9). Static characteristic [2, 5] is determined by next algorithm

$$\{b_{sch}^{(1)}\}^2 = \max_{\omega_0} R_{z_2 z_1} \{\pm(\tau_2 - \tau_1)\} = (k_{ff}^{(1)})^2 \sigma^2, \quad (10)$$

under  $\omega_0(\tau_2 - \tau_1) = \pm 2p\pi$ ,  $p = 0, \infty$ ,  $k_{ff}^{(1)}$  – scale coefficient,  $i = 1, f$ .

Identification of quasi-stationary time process is carried out in the class of block-oriented models [4, 5]. This models are non-linear models and consequently selective properties of nonlinear correlation and spectral analyzer should increase for lower values of q-factor of a band-pass filters in comparison with the linear case. Intervals  $\Delta t_i$ , where  $i = 1, f$ , by signal processing, is reduced. The value  $(k_{ff}^{(1)} \sigma)^2$  can be set rather arbitrarily. From this selected value  $\max_{\omega_0} R_{z_2 z_1} = [k_{ff}^{(1)} \sigma]^2$  we extract square root and the designat value  $(k_{ff}^{(1)} \sigma)$ , which is a static characteristic  $b_{sch}^{(1)}$ . The static



characteristics are determined similarly and at other periods of time  $\Delta t_i$ , where  $i = 1, f$  [2, 5].

The iconic feature are constructed from function (7) and (8) when shifts 0 и  $\pi/2$

$$\text{sign}[R_{z_2 z_1}^{(0)}(\omega_0, \tau)], \text{sign}[R_{z_2 z_1}^{(\pi/2)}(\omega_0, \tau)].$$

Logarithmic functions and the difference between the logarithmic functions for the investigated plots are built from expressions (7), (8) [2]

$$\hat{L}_k^{(0)} = \hat{L}_k^{(0)}(\omega_0, \pm\tau), \quad \hat{L}_k^{(\pi/2)} = \hat{L}_k^{(\pi/2)}(\omega_0, \pm\tau),$$

where  $k \div 1, n$ ,  $\hat{L}_k^{(i)} = 20 \lg[R_{z_2 z_1}(\omega_0, \tau)]$ ,  $n$  – the degree of the polynomial TF.

All of these functions are frequency-time criteria [2, 5], which can to determine the structure of the model for forming filter. In general, correlative-spectral ID can be represented by block-oriented model, which includes the multiplier. The presence of the nonlinear element provides selectivity correlative-spectral analyzer for lower values q-factor of band pass filters [5].

### 4. Conclusions

The correlative-spectral identifier solves the problem identification of the forming filter model for the quasi-stationary time process. The nonlinear properties of the model reduce the analysis time of the measurement system. The adequacy and accuracy of the model time series is provided by adaptation of the measuring-computing system identification. The block identification of the time series will ensure the adoption of sound management decisions on the optimal formation of material and technical resources.

### References

1. A.D. Bushtruk, T.N. Bushtruk. Structural identification of nonlinear dynamic objects in the passive mode of experiment. – A & T. 2001. № 8: 61-67.
2. T. N. Bushtruk, A. D. Bushtruk. Methods for the identification of objects and processes. M- RF; Samara State Academia Rail Way. – Samara: SamGAPS, - 2005. 150 s. ISBN 5-901267-95-8.
3. G. Box., G. Jenkins. Time Series Analysis: Forecasting & Control, 1974.
4. A. D. Bushtruk, T. N. Bushtruk. Correlation-spectral method of identification of quasi-stationary time processes // A & T. - 2005. - № 2: 46 - 54.
5. A. D. Bushtruk, T. N. Bushtruk, I. I. Fazlyyev. Correlation-spectral method of identification of quasi-stationary time processes with a resolution of the contradiction between accuracy and performance // A & T. 2011. № 7: 147-158.



В.Л. Бажанов

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ МЕТОДОМ МАСШТАБИРОВАНИЯ

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Рассматривается задача построения математических моделей для объектов автоматического управления. Предполагается, что единственной надежной исходной информацией об управляемом объекте является экспериментальная запись его реакции на ступенчатое входное воздействие – переходная характеристика объекта (кривая разгона).

Для решения такой задачи разработаны разные методы. Они отличаются трудоемкостью и качеством результата. Но всех их объединяет одна негативная особенность – они допускают оценку точности результата (математической модели) только после его окончательного получения. То есть «задним числом», когда в полной мере затрачены время и усилия на применение метода. И если точность оказывается неудовлетворительной, то приходится вносить корректировки и повторять работу заново. При этом нет гарантии, что второй подход станет окончательным.

Покажем, как поставленная задача решается с помощью метода масштабирования (ММ). И как удается преодолеть отмеченный недостаток известных методов.

Рассмотрим решение применительно к классу наиболее распространенных линейных объектов, описываемых передаточной функцией общего вида:

$$W(p) = \frac{K_0}{p^r \cdot \prod_{i=1}^m (T_i p + 1)} \quad (1)$$

$K_0$  – коэффициент передачи;  $T_i$  – постоянные времени; ( $K_0$  и  $T_i$  – положительные, действительные числа);  $r$ ,  $m$  – положительные целые числа (0; 1; 2; ...);  $r$  – степень астатизма объекта;  $(m + r) = n$  – порядок объекта.

Специфика ММ заключается в том, что для его применения необходимо иметь набор (библиотеку) эталонных объектов управления, относящихся к классу (1). Такая библиотека существует и находится в свободном доступе на сайте [www.uswo.lgg.ru](http://www.uswo.lgg.ru). Библиотеку можно составить самостоятельно, владея математикой в рамках программы технического вуза.

Библиотека должна содержать сведения о порядке « $n$ » каждого эталонного объекта, о его степени астатизма « $r$ », о значениях параметров  $K_0$ , и  $T_i$ , а кроме того, иметь таблицы с координатами точек кривой разгона ( $x;t$ ) каждого объекта. Разработан компьютерный вариант библиотеки эталонных объектов, содержащий универсальную программу, рассчитывающую кривую разгона любого объекта (1) с задаваемыми параметрами  $K_0$ , и  $T_i$ .



В существующую библиотеку включены различные эталонные объекты до восьмого порядка. Для практики этого оказалось вполне достаточно, поскольку, начиная уже с шестого (и даже пятого) порядка, объекты классифицируются как имеющие транспортное запаздывание. Что касается степени астатизма объектов « $r$ », включенных в библиотеку, то она ограничена тремя значениями – 0, 1, 2. Объекты с более высокой степенью астатизма встречаются крайне редко. Кроме того, они неопытны для ПИД-управления.

Опыт показывает, что требуемое для полноценного применения ММ количество эталонных объектов в библиотеке получается вполне ограниченным.

Условимся использовать термин «рабочий» применительно к объекту управления (ОУ), для которого требуется определить передаточную функцию.

Располагая экспериментальной кривой разгона рабочего объекта, можно сделать некоторые предварительные выводы. Например, оценить порядок рабочего ОУ по степени параболы, которая наиболее точно вписывается в начальный участок кривой разгона. А по поведению кривой в конце записи (по «хвосту» графика) легко определяется степень астатизма объекта. (Если с течением времени кривая разгона выходит на установившееся значение, то степень астатизма объекта равна нулю –  $r=0$  (объект с самовывравниванием). Если кривая изменяется линейно, то это ОУ с астатизмом первой степени –  $r=1$ . Если хвост кривой имеет вид квадратичной параболы, то степень астатизма ОУ вторая –  $r=2$ . И т. д.)

Оценив порядок рабочего ОУ и его степень астатизма, выбираем из библиотеки эталонный объект такого же порядка и степени астатизма (однотипный ОУ). Строим на общей координатной плоскости графики кривых разгона рабочего и эталонного объектов.

В случае невероятной удачи, кривые совпадут. Это будет означать, что у рабочего и эталонного объектов передаточные функции одинаковы. Решение задачи готово.

Однако в абсолютном большинстве случаев совпадения кривых не будет. На плоскости будут видны два разных графика, хотя и подобных по форме (рис. 1). Подобие форм, разумеется, не случайное. Оно объясняется однотипностью рабочего и эталонного объектов.

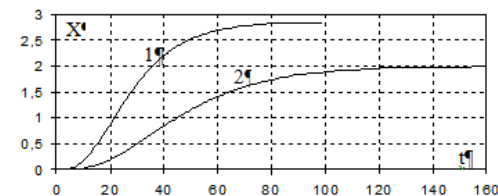


Рис. 1. Графики кривых разгона однотипных объектов управления.  
1 – эталонного ОУ, 2 – рабочего ОУ.





Настал момент для применения процедуры масштабирования. Ее цель, – сжатием/растяжением кривой разгона рабочего ОУ относительно осей координат, добиться от последней наилучшего совпадения с кривой разгона эталонного объекта.

Математически сжатие/растяжение графика  $x(t)$  можно представить как переход в искусственную систему координат  $(\bar{x}, \bar{t})$ , связанную с реальными координатами линейными соотношениями:

$$\bar{x} = M_x \cdot x \quad (2)$$

$$\bar{t} = M_t \cdot t, \quad (3)$$

где  $M_x$  и  $M_t$  – масштабные коэффициенты (положительные действительные числа).

В случае, представленном на рисунке 1, можно сразу сказать, что кривую разгона рабочего объекта (2) следует растянуть по координате «X» и сжать по оси времени «t». **Степень совпадения кривых является мерой точности будущего результата.** Поэтому процедура масштабирования заслуживает особого внимания.

Потребовалось четыре корректировки значений масштабных коэффициентов  $M_x$  и  $M_t$ , чтобы добиться достаточно хорошего визуального совпадения кривых разгона 1 и 2. Результат, достигнутый при значениях коэффициентов

$$M_x = 1,4 \quad (4)$$

$$M_t = 0,6, \quad (5)$$

демонстрируется на рисунке 2.

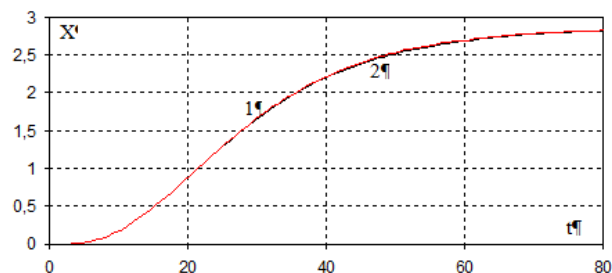


Рис. 2. Вид кривых разгона эталонного (1) и рабочего (2) объектов управления после масштабирования

Подчеркнем еще раз, что контролируемая визуально степень совпадения кривых разгона рабочего и эталонного объектов управления, **является заблаговременной оценкой точности** будущего результата, то есть точности определяемой с помощью ММ математической модели (передаточной функции) рабочего ОУ. Если достигнутая степень совпадения вызывает сомнения, то следует выбрать из библиотеки другой, более подходящий эталонный объект.

Специально разработанная программа «ММ-аппроксимация» предельно облегчает выполнение процедуры масштабирования. При нажатии клавиш управления курсором программа изменяет с малым шагом значения масштаб-



ных коэффициентов  $M_x$  и  $M_t$ . Кривая разгона сжимается/растягивается по координатным осям. На мониторе пользователь визуально отслеживает ее деформацию, и быстро сближает с эталонной кривой разгона. Время на достижение наилучшего совмещения кривых обычно не превышает одной минуты. Текущие значения коэффициентов  $M_x$  и  $M_t$  отображаются на экране.

Обеспечив достаточную точность совпадения кривых разгона, мы **отождествляем рабочий объект управления в искусственных координатах**  $(\bar{x}, \bar{t})$  с реальным эталонным объектом. Передаточная функция последнего нам известна. Значит, у рабочего ОУ в искусственных координатах она является аналогичной.

Фактически решение задачи получено. Но оно не может нас устроить, поскольку для работы требуется знание передаточной функции в реальных координатах  $(x, t)$ . Необходимо вернуть рабочий объект управления из искусственных координат в реальные.

Это вполне осуществимо.

В искусственных координатах передаточная функция рабочего ОУ нам известна:

$$\bar{W}(\bar{p}) = \frac{\bar{X}(\bar{p})}{Y(\bar{p})} = \frac{K_0^{et}}{\bar{p}^r \cdot \prod_{i=1}^m (T_i^{et} \bar{p} + 1)} \quad (6)$$

А нужно знать:

$$W(p) = \frac{X(p)}{Y(p)} \quad (7)$$

Соотношение (2) позволяет изменить запись (6) и сделать первый шаг к цели (7):

$$\bar{W}(\bar{p}) = \frac{\bar{X}(\bar{p})}{Y(\bar{p})} = \frac{M_x \cdot X(\bar{p})}{Y(\bar{p})} = \frac{K_0^{et}}{\bar{p}^r \cdot \prod_{i=1}^m (T_i^{et} \bar{p} + 1)} \quad (8)$$

Из равенства (8) следует:

$$\frac{X(\bar{p})}{Y(\bar{p})} = \frac{K_0^{et}}{M_x \cdot \bar{p}^r \cdot \prod_{i=1}^m (T_i^{et} \bar{p} + 1)} \quad (9)$$

Для получения искомого результата осталось сделать замену параметра « $\bar{p}$ » в формуле (9) на параметр « $p$ ». Воспользуемся известным свойством преобразования Лапласа: операции дифференцирования функции-оригинала соответствует операция умножения на параметр « $p$ » функции-изображения:

$$\bar{p} \Leftrightarrow \frac{d}{d\bar{t}} \quad (10)$$

Приняв во внимание соотношение (3), можно развернуть запись (10):

$$\bar{p} \Leftrightarrow \frac{d}{d\bar{t}} = \frac{d}{d(M_t \cdot t)} = \frac{1}{M_t} \cdot \frac{d}{dt} \Leftrightarrow \frac{1}{M_t} \cdot p \quad (11)$$



Равенство (11) выявляет искомую связь между параметрами « $\bar{p}$ » и « $p$ ». Осталось произвести замену в формуле (9):

$$W(p) = \frac{X(p)}{Y(p)} = \frac{K_0^{et}}{M_x \cdot \frac{p^r}{M_t^r} \cdot \prod_{i=1}^m (T_i^{et} \frac{p}{M_t} + 1)} = \frac{K_0^{et} \cdot M_t^r}{M_x \cdot p^r \cdot \prod_{i=1}^m (\frac{T_i^{et}}{M_t} p + 1)} \quad (12)$$

Результат (12) приводится к виду передаточной функции (1), если выполняются равенства:

$$K_0 = K_0^{et} \cdot \frac{M_t^r}{M_x} \quad (13)$$

$$T_i = \frac{T_i^{et}}{M_t} \quad (14)$$

Формулы (13) и (14) позволяют вычислять параметры искомой передаточной функции рабочего объекта управления по известным параметрам передаточной функции эталонного объекта.

Решение задачи с помощью ММ получено. Передаточная функция рабочего ОУ в реальных координатах определена полностью. Рабочий объект имеет такой же порядок и степень астатизма, как и эталонный. Параметры  $K_0$  и  $T_i$  рассчитываются по формулам (13) и (14). При этом точность результата уже известна. Она соответствует степени совпадения кривых разгона, достигнутой при выполнении процедуры масштабирования. Потребность в оценке точности результата «задним числом» устранена полностью. Цель достигнута.

Упомянутая выше программа «ММ-аппроксимация» предельно упрощает применение метода масштабирования на практике. Программа воспринимает данные о кривой разгона рабочего объекта, предоставляет для работы встроенную библиотеку эталонных объектов (допускающую пополнение), обеспечивает максимальное удобство и оперативность выполнения процедуры масштабирования. Мгновенно вычисляет и выдает в готовом виде полные сведения о параметрах искомой передаточной функции. Программа доступна для приобретения.

М.С. Бобков, Ю.Д. Ревина

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ АВТОМАТОВ ПРИ УСЛОВИИ НЕОРДИНАРНОСТИ ПОТОКА ВХОДЯЩИХ ЗАЯВОК

(Самарский государственный технический университет)

Большинство реальных систем массового обслуживания являются системами, к которым нельзя применить стандартные аналитические методы математического моделирования. Во-первых, подобные аналитические методы могут быть использованы при моделировании исключительно систем с простей-



шими потоками событий. Формирование и разрешение систем дифференциальных уравнений для СМО большой размерности возможно реализовать исключительно с использованием компьютерных методов.

При рассмотрении СМО, которые содержат приборы разной пропускной способности и/или отдельные очереди обслуживания разных приборов, т.е. являются системой с различными каналами, следует понимать, что данный вид систем не может быть смоделирован оргграфом процесса гибели-размножения, следовательно, необходимо ввести понятие диспетчеризации, т.е. алгоритма распределения поступающих заявок по каналам обработки. Следовательно, для каждой заявки, попадающей в систему для обслуживания, появляется необходимость определения траектории процесса ее обработки в системе. [1]

Для имитационного моделирования работы систем массового обслуживания указанного типа используем методы теории конечных автоматов (КА).

Пусть конечный автомат  $K$  имеет входной алфавит  $A = \{a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n\}$ ,  $i = \overline{1, n}$ , множество состояний  $S = \{S_1, S_2, \dots, S_p, \dots, S_m\}$ ,  $p = \overline{1, m}$ , и функцию перехода

$$St+1 = \psi(at, St),$$

где  $at$ ,  $bt$ ,  $St$  – соответственно входной символ (буква), выходной символ и состояние КА в момент времени  $t$ . [2]

Так как любые СМО – это системы, обладающие конечным числом состояний, переходящих из одного в другое при поступлении или окончании обработки имеющейся заявки, данное представление СМО с различными каналами позволяет моделировать их работу с помощью конечных детерминированных или недетерминированных автоматов.

Недетерминированный конечный автомат дополняется описанием закона распределения вероятности перехода автомата в состояние  $S_j$ , если автомат был в состоянии  $S_q$  и на его вход в этот момент поступил сигнал  $a_i$ .

Моделирование исследуемой системы массового обслуживания характеризующим ее конечным автоматом [3] позволяет проводить имитации работы системы при изменяемых характеристиках потока поступающих заявок, а что самое главное – в случае непуассоновского поведения потока.

Для дополнения метода описания систем массового обслуживания с использованием конечных автоматов [4,5], необходимо рассмотреть случай с условием неординарности поступающих и обслуженных заявок. Подобного типа неклассические СМО встречаются при моделировании систем с заявками, приходящими одновременно или с неразличимым временем прихода.

Необходимо удостовериться в применимости предложенной методики [5] моделирования СМО конечными автоматами в случае одновременного прихода заявок. Пусть в системе имеется два различных канала, имеющие различную пропускную способность, а также отдельные очереди на две ожидающие обработки заявки.

Тогда алфавит  $A$  для описания состояний автомата  $K$  имеет следующие буквы:



a1 – простой СМО; a2 – I канал обслуживает заявку, II канал и обе очереди свободны;  
a3, ..., a8 – остальные варианты прихода сигналов, получающего обслуживание;  
a9 – отказ СМО.

Пусть заявки входящего потока появляются как поодиночке, так и попарно, а обслуживающие каналы вне зависимости друг от друга могут завершить обработку заявки одновременно. Тогда алфавит В сигналов, поступающих на вход автомата К, будет состоять из следующих букв:

b1 – нет заявок; b2, ..., b7 – варианты (не)одновременного завершения работы каналов.

В случае, когда две заявки, претендующие на обработку в одном канале, не могут поступить одновременно, можно представить таблицу переходов Т автомата К матрицей с 9 строками для описания алфавита состояний А и 7 столбцами для описания алфавита входных сигналов В. Дополним таблицу Т до матрицы Т1 размерностью 16×8, представим с помощью булевых функций  $s_1(n+1)$ ,  $s_2(n+1)$ ,  $s_3(n+1)$ ,  $s_4(n+1)$  перехода автомата К в следующее состояние.

Малая трудоемкость составления функций перехода компенсирует рост числа состояний СМО при увеличении количества каналов и длин очередей. Поэтому возможно применение метода моделирования СМО с использованием конечных автоматов на задачи более высокой размерности.

### Литература

1. Афанасьев М.Ю., Суворов Б.П. Исследование операций в экономике: модели, задачи, решения: Учеб. пособие. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 444с.
2. Бочаров П.П., Печинкин А.В. Теория массового обслуживания: Учебник. – М.: Изд-во РУДН, 1995. – 529 с.
3. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Система массового обслуживания с различными каналами как конечный автомат // Вестник СамГТУ. Сер. Физ.-мат. науки, 2012, №3(28). – С.114-124.
4. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Моделирование конечными автоматами систем массового обслуживания с различными каналами / Известия СНЦ РАН, т.16, №4(2). – Самара, Изд-во СНЦ РАН, 2014. – С. 318-321.
5. Котенко А.П., Бобков М.С., Ревина Ю.Д. Моделирование системы массового обслуживания конечным автоматом при неординарности потоков заявок / «Перспективные информационные технологии». Труды Междунар. научно-техн. конф., т.2. – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2015. – С.274-276.



С.В. Боряк, А.Е. Шаралапов

### АНАЛИЗ ВЫХОДНЫХ ДАННЫХ ТЕСТОВЫХ ФИЛЬТРОВ, ИСПОЛЗУЕМЫХ В МИКРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ MPU6050

(Пензенский государственный университет)

В настоящее время широкое распространение получили балансирующие роботы, беспилотные летательные аппараты (коптеры), в которых используются микро электромеханические системы (МЭМС).

Данные системы используют там, где необходимо измерять положение объекта в пространстве, контролируемые параметрами которых являются углы наклона, а также линейные ускорения.[1]

Используемые в системе MPU 6050 аналоговые сигналы с акселерометра и гироскопа обрабатываются с частотой 1 кГц при этом они проходят предварительную фильтрацию, также в данных системах применяется пользовательская фильтрация. Проведем анализ нескольких вариантов фильтрации с выбором оптимума.

Для получения и обработки данных используется микроконтроллер Arduino Mega который считывает и обрабатывает данные ( 150 раз в секунду) и отправляет результаты на персональный компьютер, где по этим данным строятся графики (рис.1 и 2), анализ которых позволяет делать вывод о выборе варианта фильтра. В качестве тестовых фильтров были выбраны комплементарный фильтр, фильтр Калмана и сглаживающий фильтр по трем точкам. [2]

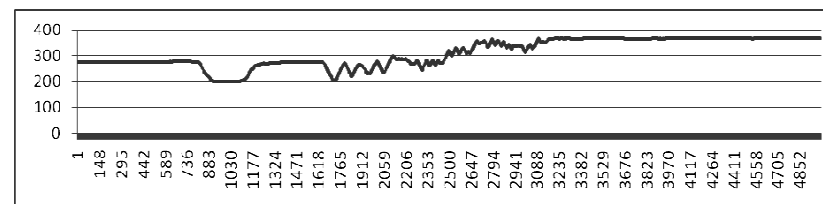


Рисунок 1 – Значение выходных данных с гироскопа

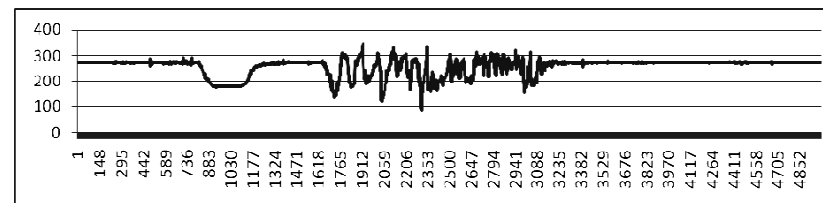


Рисунок 2 – Значение выходных данных с акселерометра



Анализ данных экспериментальных зависимостей показал, что выходной сигнал с гироскопа имеет дрейф нуля, а выходной сигнал с акселерометра зашумлен.

Рассмотрим использование в данной системе комплементарного фильтра. Главная задача комплементарного фильтра состоит в том, чтобы нивелировать дрейф нуля гироскопа и ошибки дискретного интегрирования. На каждом шаге интегрирования мы корректируем интеграл угла наклона с помощью показаний акселерометра.

Комплементарный фильтр позволяет нам объединить сигналы получаемые с гироскопа и акселерометра, причем они представляют собой сумму интегрированного значения гироскопа и мгновенного значения акселерометра (рис.3).

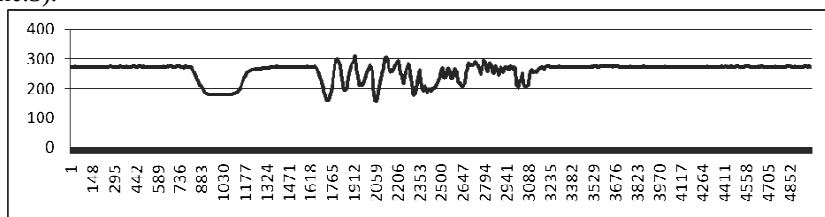


Рисунок 3 – Выходные данные после комплементарного фильтра

Фильтр Калмана использует динамическую модель системы (например, физический закон движения), известные управляющие воздействия и множество последовательных измерений для формирования оптимальной оценки состояния объекта. Алгоритм его работы состоит из двух повторяющихся фаз: предсказание и корректировка. В первой фазе рассчитывается предсказание состояния в следующий момент времени (с учетом неточности их измерения). Во второй фазе, новая информация с датчика корректирует предсказанное значение с учетом неточности и зашумленности (рис.4).

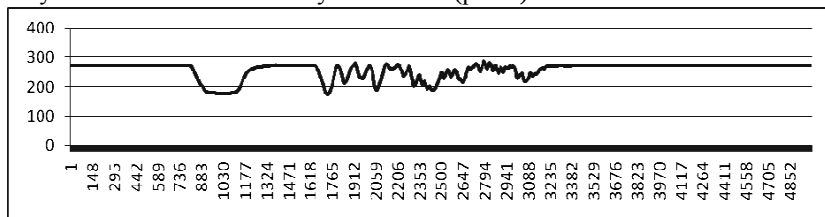


Рисунок4 – Выходные данные после фильтра Калмана

Сглаживающий фильтр является самым простым примером фильтрации, причем фильтр делает анализ по трем точкам и из трех полученных значений высчитываем среднее (рис. 5).

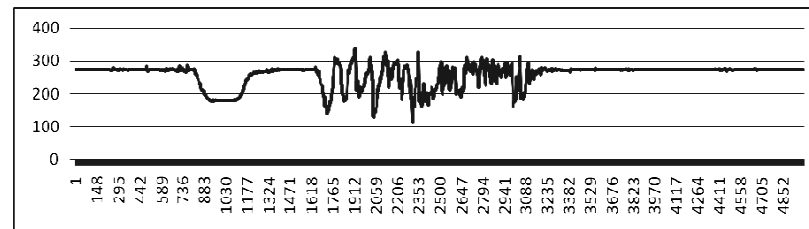


Рисунок5 – Выходные данные после сглаживающего фильтра

Проведенный анализ методов фильтрации показал, что наилучшие результаты дает комплементарный фильтр, потому что он достаточно точно обрабатывает данные, о реальном состоянии объекта, так как он объединяет данные с акселерометра и гироскопа.

### Литература

1. Федоров Д.С. Использование измерительной системы MPU 6050 для определения угловых скоростей и линейных ускорений. / Д.С.Федоров, А.Ю. Ивойлов, В.А. Жмудь, В.Г. Трубин. // Автоматика и программная инженерия 2015. № 1. – С. 75–78.
2. Великанова Е.П. Адаптивная фильтрация координат маневрирующего объекта при изменениях условий передачи в радиолокационном канале. / Е.П. Великанова, Е.П. Ворошилин // Доклады ТУСУРа 2012. № 2. С. 29-34.

С.В. Боряк, А.Е. Шаралапов

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ PID РЕГУЛЯТОРА ИСПОЛЬЗУЕМОГО В ДВУХКОЛЕСНЫХ БАЛАНСИРУЮЩИХ РОБОТАХ

(Пензенский государственный университет)

В настоящее время набирают популярность двухколесные балансирующие роботы, которые используются как в научных целях для отработки алгоритмов управления неустойчивой системой, так и в коммерческих целях (балансирующие роботы типа «Сигвей» и офисные роботы Emiew). В данных роботах используются различные регуляторы, которые позволяют обеспечивать балансировку объекта.

Все двухколесные балансирующие устройства независимо от своих габаритов и веса для описания динамических характеристик используют классические математические уравнения. С целью упрощения разработки управляющих регуляторов и алгоритмов управления необходимо создать математическую модель объекта с возможностью её подстройки под конкретный балансирующий робот.



На рис. 1 изображена схема балансирующего робота, которая представляет собой по своей структуре перевернутый маятник на колесе. При этом считаем, что данная конструкция движется без трения. Маятник представляет собой массу  $m_p$  отклоненную от вертикали на угол  $Q$ , прикрепленную на невесомом стержне длины  $L$  к колесу, при этом колесо считается кольцом радиуса  $r$  и массой  $m_w$ . На колесо действует момент двигателя  $M_k$ , поворачивающий колесо на угол  $z$  от его начального положения.[1]

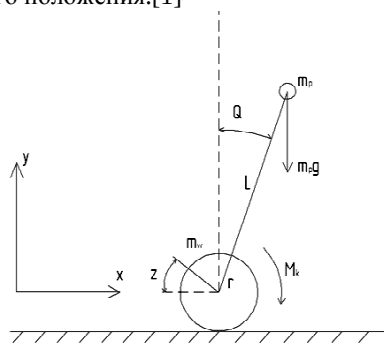


Рисунок 1 –Схема балансирующего робота

Данную систему описывают следующие математические уравнения:

$$\begin{aligned} r \cos(Q) L m_p + r^2 (m_p + 2m_w) \ddot{z} - r \sin(Q) Q^2 L m_p &= M_k \\ \ddot{z} \cos(Q) L m_p r - m_p g L \sin(Q) + 2m_p L^2 \ddot{Q} &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

На основании данных математических уравнений (1), которые описывают динамические характеристики балансирующего робота, была составлена модель в среде Simulink пакета Matlab.

На рис. 2 представлена блок схема математической модели балансирующего робота в среде Simulink.

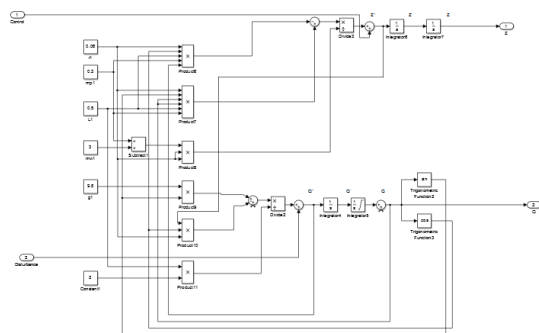


Рисунок 2 – Модель балансирующего робота



Для проверки поведения системы на её вход было подано единичное воздействие в результате чего система потеряла устойчивость (рис.3)

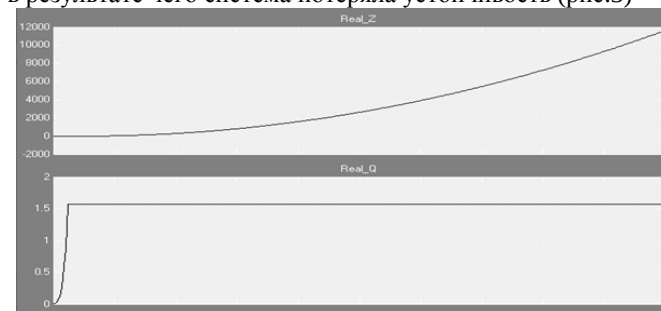


Рисунок 3 - Поведение системы при единичном воздействии

Real\_Z - линейное перемещение;

Real\_Q – угловое перемещение.

Для удержания маятника в перевернутом положении необходимо включить в обратную связь системы два PID регулятора(рис.4).

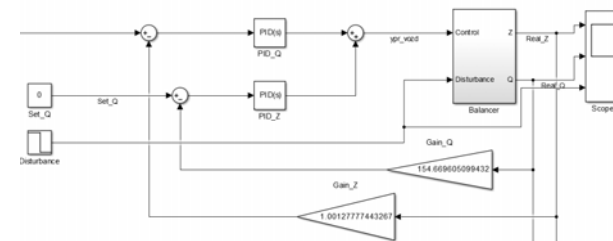


Рисунок 4 – Схема включенияPID регуляторов

На рис.5 представлены переходные характеристики системы с PID регулятором, где верхняя (линейная) а нижняя (угловая).

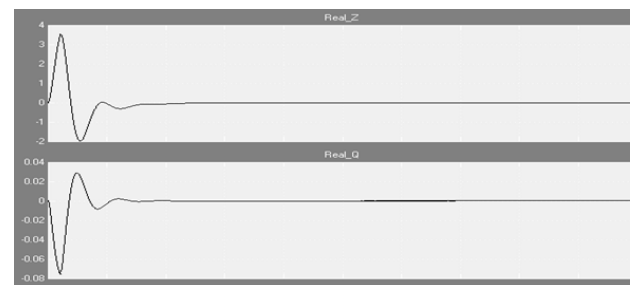


Рисунок 5 – Характеристики системы с ПИД регуляторами



В результате проведенной работы было выявлено, что полученная математическая модель позволяет настроить систему с PID регулятором, которая обеспечит качественную стабилизацию положения балансирующего робота.

## Литература

1. Воевода А.А. О модели перевернутого маятника / А.А. Воевода, Е.В. Шоба // сб. науч. тр. НГТУ - 2012. – № 1. – С. 3–14.

Д.А. Будаговский

УЛУЧШЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
В ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОМ РОТАЦИОННОМ СТЕНДЕ  
С ПОМОЩЬЮ ВЕКТОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ

(Пензенский государственный университет)

Целью лабораторных испытаний с применением ротационных стендов является проверка способности изделий выполнять свои функции в процессе воздействия линейных ускорений или выдерживать условия испытаний. Испытания могут также использоваться для оценки качества конструкции и структурной прочности элементов.

Точность поддержания ускорения существенно влияет на выбор конструкции и определяет точность изготовления отдельных узлов центрифуги. Точность поддержания ускорения зависит от ряда факторов и прежде всего от системы привода: привод может быть с переменной угловой скоростью и постоянной погрешностью поддержания ускорения или с переменной погрешностью, уменьшающейся при уменьшении угловой скорости. На точность поддержания ускорения влияет также изменение напряжения и частоты сети.

Одним из перспективных типов приводов для ротационных стенов является асинхронный электропривод с векторным управлением, в котором реализуется принцип ориентации векторных переменных относительно друг друга. В частности, широкое распространение получила ориентация токов и напряжений относительно вектора потокоцепления ротора. Ориентация обеспечивает раздельное (независимое) управление моментом и потокоцеплением в динамических и статических режимах работы привода [1].

Уравнения статорной цепи при векторном управлении [2] принимают вид

$$\begin{cases} U_{Sd} = (L_m + L_{\sigma S}) \frac{dI_{Sd}}{dt} + R_S I_{Sd} - \omega \left( L_{\sigma S} + \frac{L_m L_{\sigma R}}{L_m + L_{\sigma R}} \right) I_{Sq} \\ U_{Sq} = \left( L_{\sigma S} + \frac{L_m L_{\sigma R}}{L_{\sigma R} + L_m} \right) \frac{dI_{Sq}}{dt} + R_S I_{Sq} + \omega (L_m + L_{\sigma S}) I_{Sd} \end{cases}$$

На основе этих уравнений была разработана Simulink – модель электропривода ротационного стенда с векторным управлением, приведённая на ри-



сунке 1. Результаты показаны на рис. 2-3. Слева – угловая скорость (синяя линия) и момент (зеленая линия), справа – статорные токи. Бросается в глаза различие по времени переходного процесса.

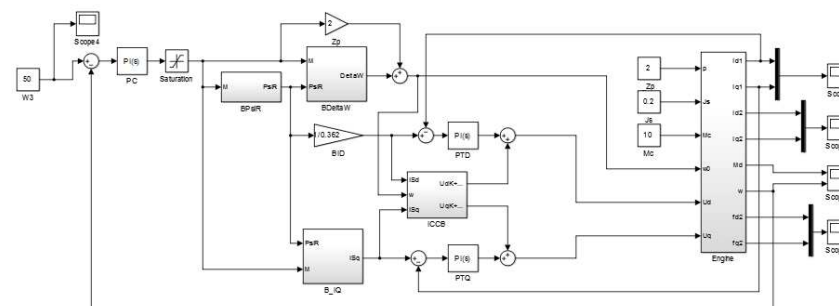


Рис. 1. Simulink-модель ротационного стенда с векторным управлением

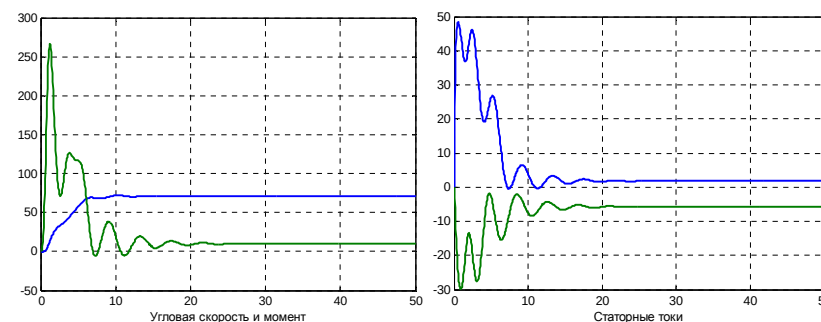


Рис. 2. Результаты при использовании «традиционных» методов

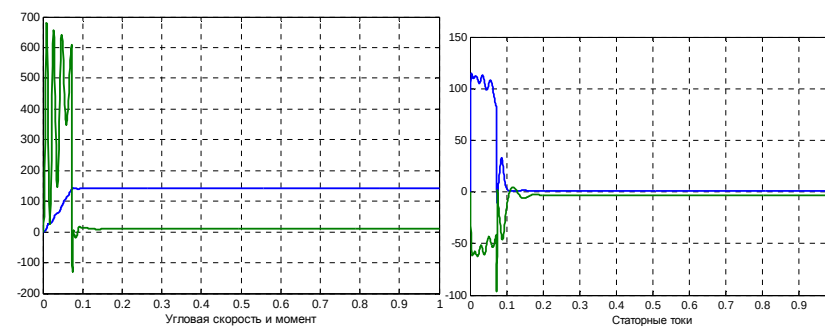


Рис. 3. Результат применения векторного управления





### Заключение

Сравнение динамики прямого пуска асинхронного двигателя и пуска при векторном управлении свидетельствует о существенном повышении быстродействия и уменьшении динамических нагрузок на привод.

### Литература

1. Виноградов А.Б. Векторное управление электроприводами переменного тока / ГОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина». – Иваново, 2008. – 298 с. I.
2. Усольцев А.А. Частотное управление асинхронными двигателями/Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2006, - 94 с.
3. Калачев Ю. Н. Векторное регулирование (заметки практика). Изд. «ЭФО», 2013.
4. Гудвин Г. К., Гребен С. Ф., Сальгадо М. Э. Проектирование систем управления. Москва, Лаборатория знаний «БИНOM», 2004.

А.А Буцких, В.А. Буцких

### ВЫСОКОСКОРОСТНАЯ ОБРАБОТКА И ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ В КАМЕРАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

(Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)

В настоящее время в промышленности и на транспорте возникает задача, связанная с контролем геометрического профиля различных объектов. На сегодняшний день существуют два основных метода контроля геометрии объекта: контактные и бесконтактные. На сегодняшний день основным способом контроля является контактный метод измерения, который несмотря на свою распространенность заменяется оптическим бесконтактным способом измерения. Основным достоинством оптического бесконтактного метода измерения является его высокая точность и технологичность, которая позволяет производить измерение геометрического профиля объекта вне зависимости от температуры их поверхности и ее сложности.

Бесконтактные методы измерения базируются на следующих трех физических принципах: интерференционном, теневом и триангуляционном. Устройства, базирующиеся на первых двух принципах, несмотря на их высокую точность, являются проблемно ориентированными и не могут применяться на произвольной поверхности. Наиболее универсальным является триангуляционный метод измерения геометрического профиля объекта. Данный метод, на практике, позволяет измерять геометрические характеристики поверхности любой сложности [1].

Аппаратной основой лазерного триангуляционного измерителя является высокоскоростная CMOS матрица с блоком обработки изображения, а



также блоком передачи данных потребителю информации. Для получения профиля объекта его поверхность подсвечивается специализированным источником света, чаще всего в этой роли выступает лазерный диод с оптической системой развертки. Отраженный от объекта свет попадает на видеоматрицу где и формируется профиль объекта.

Основной проблемой при проектировании триангуляционных измерителей является необходимость обработки видеоизображения в режиме реального времени с высокой скоростью. Так при размере CMOS видеоматрицы 1280x1024 пикселя и частоте работы порядка 500 Гц скорость потока сырых данных составляет примерно 760 Мб/с. Данный поток данных в настоящее время не способен обработать ни один CPU применяемый во выпускаемых системах промышленной автоматике. Единственным способом обработки данного потока является применение программируемых логических интегральных схем (ПЛИС).

Процесс достижения поставленной задачи можно разделить на три этапа:

1. Подсветка лазером объекта;
2. Получения видеоряда и выделение кадра;
3. Обработка и получения конечного профиля объекта.

На первом этапе объект подсвечивается когерентным световым излучением, после чего формируется изображение объекта по отраженному от него упомянутому излучению посредством приемного объектива, запись видеоряда с изображением подсвеченного объекта посредством матрицы прибора.

На втором этапе полученный видеоряд, с определенным размером и частотой кадров в секунду, разбивается на кадры для дальнейшей обработки. Так же стоит отметить, что между матрицей с объективом и объектом расположен нейтральный светофильтр, снижающий количество света, достигающего камеры. Действие основано на применении "затемненного" нейтрально стекла, не меняющего тональный рисунок, а лишь уменьшающего световой поток. Его применение связано с необходимостью затемнения сторонних объектов в кадре, что бы дополнительно выделить зону подсветки лазером [2].

На данный момент существует огромное количество методов определения профиля, но суть у всех заключается в том, чтобы связать с сигналом видеоматрицы числовые параметры которые можно считать координатами профиля объекта  $x$  (номер столбца),  $z$  (положение видеоимпульса). В работе был выбран метод пороговая фильтрация изображения профиля объекта. Он заключается в цифровой фильтрации изображения, в котором пиксели с уровня яркости ниже порога значения фильтрации затемняются. Тем самым мы получаем изображение черного кадра с ярко выраженной подсвеченной зоной – профилем объекта.

За обработку видеосигнала отвечает технология FPGA, главным преимуществом которой является динамически подстраиваемая под нужды



пользователя среда обработки, что является необходимым условием нормального функционирования системы высокой чёткости изображения. Данная технология обладает большей гибкостью, поэтому они подходят для обработки видеосигнала с высоким разрешением. FPGA легко модернизировать и потому нет риска, что система быстро устареет.

Сочетание на одной платформе ARM процессора, предназначенного для выполнения алгоритмов обработки видеосигнала, и матрицы FPGA, для построения связующей логики, является оптимальным решением. Применение FPGA позволяет разгрузить DSP — матрица посчитает SAD в 10 раз быстрее. Это освободит процессор для других задач. На FPGA выполняется процесс фильтрации изображения, т.к. вычисления требуют выполнения многочисленных вычислительных операций в секунду. В итоге мы получаем высокоскоростную обработку и передачу видеосигнала.

Совокупность использования всех вышеперечисленных методов и технологий позволяет нам решить поставленную в самом начале задачу. Достижение поставленной цели происходит максимально рациональным путём, при этом относительно невысокая стоимость, по сравнению с другими технологиями представленными на рынке, и оптимальное расходование ресурсов вычислительной техники, так же является доказательством того, что предложенные выше решения являются оптимальными.

#### Литература

1. Плотников С.В. Сравнение методов обработки сигналов в триангуляционных измерительных системах // Автометрия № 6 1995 с. 58-63.
2. Р.В. Хемминг. Цифровые фильтры. Перевод с английского В.И. Ермишина / Под ред. Профессора А.М. Трахтмана. – М.: Советское Радио, 1980. – 224 с.

Е.П.Варламова

#### ВЕРИФИКАЦИЯ В ТЕСТИРОВАНИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

(Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)

С момента появления первых программ требовалось проверять их на правильность. Причем не просто удостовериться, что программа работает на конечном числе тестов, а уметь формально доказывать, что ее поведение соответствует спецификации.[1]

В настоящее время программное обеспечение (ПО) все больше реализует сложное поведение. Чем критичнее для бизнеса программа, тем дороже обходятся дефекты в ней.



Основная проблема в развитии программных систем состоит в том, что проверка правильности реализуемой программной системы чрезвычайно сложна. При разработке такой системы обычно основное время уходит не столько на написание кода, сколько на его анализ и отладку.[2]

На практике часто используются методы валидации и верификации, т.е. проверки программного обеспечения на корректность реализации поставленной задачи путем сравнения с требуемыми свойствами.

Поддержка этих процессов даже относительно простыми инструментами, не говоря уже о методах и инструментах с серьезной математической базой, в настоящее время недостаточна.

Ввиду возрастания размеров и сложности систем, становится важным обеспечение процесса верификации систем с использованием методов и инструментов, которые облегчают автоматический анализ корректности, так как, например, ручная верификация может быть настолько же ошибочна, как и сама программа. Одним из таких инструментов является верификатор.

Таким образом, целью данной работы является построение верификатора бизнес-процессов для тестирования ПО.

Одной из задач проекта является изучение тестируемого ПО.

В работе рассматривается представитель небанковской кредитной организации, а именно, депозитарий, участник рынка ценных бумаг, осуществляющий депозитарную деятельность.

Объектом исследования является функционал обработки поручений на участие/отмену участия в корпоративных действиях. Бизнес-процесс представляет собой этапы, которые проходит поручение на пути своего исполнения в системе. Задачей верификатора будет отследить корректность этого пути. Эта задача важна для бизнес-функции тестируемого ПО, так как ошибки здесь критичны и дорого стоят. Предполагается проведение проверок с помощью генерации различных исходных данных работы ПО. Таким образом, будет осуществляться прогон тестовых сценариев.

Для описания требований к ПО вводятся формализмы различных темпоральных логик и описываются алгоритмы проверки моделей для спецификаций, выраженных в этих темпоральных логиках. Исходные данные генерируются в соответствии с требованиями, разработанными специально для программного продукта. Результатом работы верификатора служит заключение о корректности работы ПО. Также предполагается проверка на негативные тестовые сценарии, которые, в свою очередь, не приводят к положительному заключению о работе программы.

В работе используется синтетический метод верификации, который совмещает в себе формальный метод (Model Checking, проверка на модели) и динамический метод (тестирование).

Model Checking - это автоматизированный метод, который для заданной модели поведения системы с конечным числом состояний и логического свойства, записанного в подходящем логическом формализме (обычно в темпоральной логике), проверяет справедливость этого свойства в данной модели. Про-



верка моделей может применяться для верификации как аппаратуры, так и программ.

Необходимыми ресурсами для реализации проекта являются: алгоритмы работы ПО (на их основе будет выполняться моделирование), требования к алгоритмам, среда разработки и математический аппарат.

Основная идея метода состоит в запуске алгоритмов, исполняемых компьютером, для проверки корректности систем. При использовании этого подхода пользователь вводит описание модели системы (возможное поведение) и описание спецификации требований (желаемое поведение), а верификацию проводит машина. Если ошибка найдена, инструментальное средство (верификатор) предоставляет контрпример, показывающий при каких обстоятельствах ошибка может быть обнаружена. Контрпример представляет собой сценарий, в котором модель ведет себя нежелательным образом. Это позволяет пользователю обнаружить ошибку и исправить спецификацию модели перед тем, как продолжить верификацию. Укрупненная схема проверки моделей приведена на рис. 1.

Метод проверки моделей имеет такой математический фундамент как логика, теория автоматов, структуры данных, алгоритмы на графах.

В качестве дополнительной функции верификатора предусматривается получение первичного набора тестовых сценариев для проведения тестирования на реальной системе (как негативные, так и положительные тестовые случаи).

Ожидаемыми результатами от практического применения разработки проекта являются:

- внедрение практики создания верификаторов в процесс тестирования ПО поможет улучшить качество выпускаемых продуктов;
- повышение квалификации специалистов по тестированию за счет вовлечения в процесс верификации требований, составления тестовых сценариев и анализа результатов тестирования;
- применение Model Checking позволяет упростить построение модели программы по ее спецификации по сравнению с традиционными подходами к программированию;
- модель программы, пригодная к верификации, строится уже на этапе проектирования, что позволяет избежать грубых ошибок в начале разработки.

Применение автоматного подхода и созданного верификатора при разработке программ позволяет получить более надежное программное обеспечение по сравнению с традиционным подходом. Запуск программы на определенных входных данных, а также проверка различных сценариев выполнения, позволяют достаточно быстро (по сравнению с другими методами поиска ошибок) убедиться в корректности разработанного ПО. Возможность верификатора создавать тестовые наборы поможет упростить процесс написания тестов и освободит время для других важных задач.

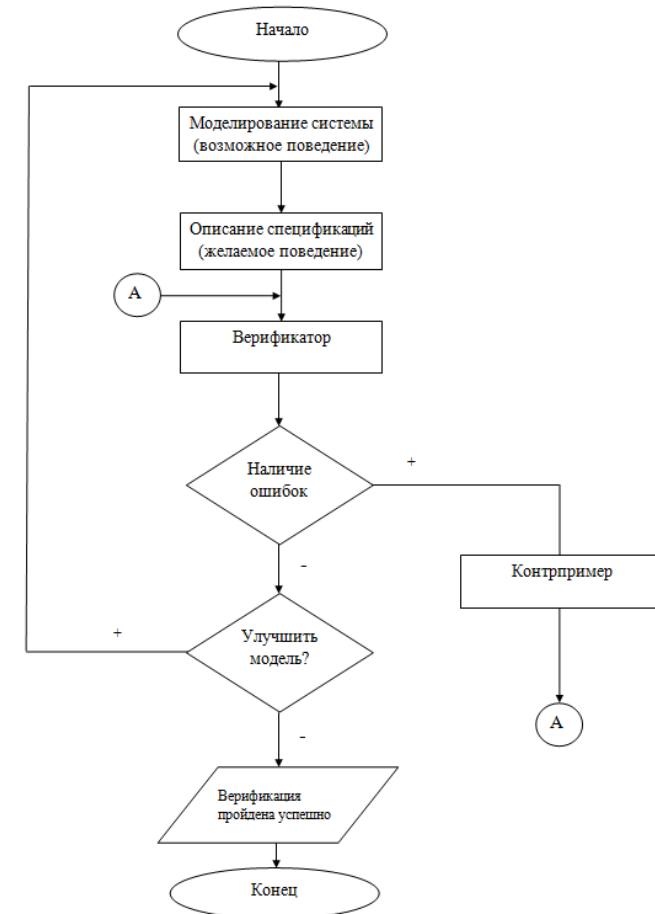


Рис. 1. Укрупненная схема проверки моделей

### Литература

1. Егоров К.В, Шалыто А.А. Разработка верификатора автоматных программ: статья-СПб.:Научно-технический вестник, 2008.-177с.
2. Вельдер С.Э, Лукин М.А, Шалыто А.А, Яминов Б.Р. Верификация автоматных программ: учебное пособие.– СПб.: Наука, 2011. – 244 с.



И.В. Воронцов

## МОДЕЛИРОВАНИЕ БИЗНЕС - СИСТЕМ

(Самарский государственный технический университет)

Бизнес-система (БС) представляет собой совокупность взаимосвязанных бизнес-процессов (БП), направленных на достижения конкретного бизнес - результата. При этом под БП понимается деятельность, направленная на получение конкретного результата путем переработки каких-либо входящих объектов выделенными ресурсами в соответствии с заданными правилами. Под ресурсами БП понимается персонал и оборудование, необходимые для функционирования БП. В качестве «входящих» объектов и результата БП могут выступать материальные ценности, информация, документы, оборудование и т.д. Любой БП можно представить в виде совокупности составляющих его взаимосвязанных БП. Взаимосвязанность БП означает, что в качестве «входа» одного процесса может выступать результат работы («выход») другого процесса.

Если обозначить совокупность всех БП как  $A(A_1, \dots, A_N)$ , множество человеческих ресурсов как  $R(r_1, \dots, r_K)$ , множество объектов, участвующих в работе БП как  $X(x_1, \dots, x_M)$ , тогда результат работы всей БС:  $Y = A(R, X)$ . Другими словами, БС представляет собой набор правил и принципов переработки входящих объектов для получения заданного результата. При этом, результат работы бизнес - системы  $Y$  должен соответствовать требованиям собственника БС. Таким образом, задача проектирования бизнеса состоит в определении и подборе таких элементов множеств  $A, R, X$ , чтобы результат работы всей бизнес - системы  $Y$  удовлетворял заданному значению  $Y_0$ .

Результат работы бизнес - системы  $Y$  представляет собой точку в многомерном пространстве  $Y = (y_1, \dots, y_n)$ , осями координат которого являются различные аспекты деятельности БС. Кроме главной составляющей результата работы любой БС - прибыли, в качестве составляющих результата  $Y$  часто также рассматривают долю рынка, стоимость бренда, скорость реакции на изменение рынка, лояльность потребителей и т.д.; при этом все составляющие целевого положения БС должны быть измеримы. В свою очередь БП представляют собой связанную систему, когда БС на верхнем уровне состоит из нескольких основных БП, каждый из которых состоит в свою очередь из нескольких БП нижнего уровня.

Таким образом, бизнес-систему можно представить, как

$$Y = (y_1, \dots, y_n) = A(A_{1,1}(A_{2,1}(R, X), \dots, A_{2,m}(R, X)), \dots, A_{1,n}(R, X)),$$

где: первый индекс БП означает его уровень, а второй - порядковый номер на уровне. Иначе:  $Y = A(Y_{1,1}, \dots, Y_{1,n})$ ,

где:  $Y_{n,m} = A_{n,m}(Y_{n+1,1}, \dots, Y_{n+1,k})$ , а  $Y_{n,m} = (y_{n,m1}, \dots, y_{n,mk})$  – набор критериев для оценки результата работы каждого БП.

Результат работы БС зависит как от получаемых ею «входящих» объектов



и ресурсов, так и от составляющих ее БП нижнего уровня, а точнее, от корректного результата их работы.

Критерии оценки результата работы БП позволяют однозначно определить его целевое значение, при этом сам состав критериев определяется индивидуально для каждого процесса. Например, критерием, применимым для оценки результата работы любого БП является: «Объем затрат для достижения результата работы процесса». Учитывая, что результат работы БП используется другими БП, то несоответствие результата работы БП своему плановому значению скажется на работе остальных БП, так как они получают на «вход» объект, несоответствующий предъявленным к нему требованиям.

Данное утверждение означает, что результат работы всей БС будет соответствовать требуемому значению  $Y_0$  при условии соответствия плановым значениям результатов работы каждого входящего в нее БП. При этом, само плановое значение результата работы каждого БП зависит непосредственно от особенностей организации работы БП верхнего уровня и планового значения результата его работы.

Данный принцип и обуславливает самый распространенный подход к построению бизнес - систем - «сверху - вниз», когда проектирование системы идет путем декомпозиции БП на составляющие его БП нижнего уровня таким образом, чтобы совокупность результатов работы БП нижнего уровня обуславливала достижение планового результата работы БП верхнего уровня. Этот процесс, как правило, состоит из нескольких шагов:

- Определение критериев оценки результата работы всей БС;
- Определение целевого значения результата работы всей БС ( $Y_0$ );
- Разработка модели БП верхнего уровня;
- Выделение результатов работы, критериев их оценки, определение плановых значений критериев для каждого БП нижнего уровня;
- Разработка моделей БП нижних уровней.

Каждый БП системы может быть спроектирован несколькими способами, однако есть общий набор рекомендаций, согласно которым происходит моделирование бизнес - систем:

- БП должен иметь однозначный и измеримый результат своей работы;
- Затраты на реализацию БП должны быть минимально возможными;
- Связи между БП должны быть как можно проще и понятнее и т.д.

Глубина модели бизнес - системы определяется спецификой бизнеса, но обычно не составляет больше 3-4 уровней. При этом, если при моделировании процессов верхнего уровня человеческие и прочие ресурсы, входящие объекты и результаты выступают как некоторые абстрактные группы и подгруппы из множеств  $X$  и  $R$ , то на самом нижнем уровне бизнес-процесс состоит из элементарных действий  $A_{g,h}$ , каждое из которых имеет:

- Исполнителя в виде конкретной роли или должности на предприятии  $r_i$ ;



- Входящие объекты (ресурсы) в виде результатов других действий или элементов множества  $X$ ;
- Результат работы  $Y_{f,g}$ , который так же может быть элементом множества объектов  $X$ ;
- Правила выполнения действия (срок выполнения, периодичность, форма выполнения и т.д.).

Если рассматривать построенную БС с точки зрения ее управляемости, то можно отметить, что управление БС заключается в:

- Определении целевых значений результатов работы для каждого БП по всем существенным для них критериям;
- Получении и сравнении с плановыми фактическими значениями показателей работы БП;
- Применении управляющего воздействия на работу БП в случае отклонения результата его работы от планового значения.

Таким образом, весь процесс управления БС (при условии ее правильного построения) будет состоять в задании плановых (целевых) значений результата  $Y_{g,h}$  ( $Y_{g,h1}, \dots, Y_{g,hn}$ ) для всех БП системы (по всем определенным для них критериям) и контроля фактического значения этих показателей.

С.Л. Гавлиевский, Т.С. Агалакова, М.В. Суриков

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ТРАНСПОРТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

(Самарский государственный технический университет)

Современные телекоммуникационные сети относятся к классу сложных систем. От того, насколько качественно на этапе проектирования выполнен системный анализ, во многом зависят показатели качества обслуживания клиентов, а также тот доход, который получит Оператор от предоставления услуг. Однако, реалии таковы: технические специалисты, являющиеся, по сути, «генераторами идей», прежде всего, ориентируются на свой опыт и интуицию, а не системный анализ, возможности которого даже и не представляют. В то же время специалисты, работающие в области системного анализа сложных систем, а среди них много талантливых математиков и программистов, не всегда понимают специфику задач, стоящих перед проектировщиками. Будучи не специалистами в области сетевых технологий, им нужна четкая постановка задачи и на том языке, который они понимают.

Как задействовать потенциал системного анализа? Как научить проектировщиков и специалистов по системному анализу понимать друг друга? Ведь одни из них оперируют такими терминами как маршрутизатор, коммутатор, сервер, шлюз и т.п., а вторые, мыслят более абстрактными категориями. И все же есть зона соприкосновения. Это теория массового обслуживания - предмет, который находится в программе вузов, готовящих специалистов по телекомму-



никациям, математикам и программистов. Следовательно, если представить телекоммуникационные устройства в виде совокупности систем массового обслуживания, то появляется возможность привлечения этой категории специалистов для системного анализа проектируемой или реконструируемой сети.

Таким образом, укрупненно просматривается следующая цепочка научного обоснования проектных решений: основные параметры проектируемой сети (включая показатели качества обслуживания), выбор технологий построения сети (их может быть несколько), сетевое решение (схема организации связи), ее представление в виде сети (совокупности систем) массового обслуживания, выбор (разработка) моделей для анализа расчет характеристик (моделирование), системный анализ, научно обоснованное решение, а при необходимости, корректировка предварительно принятых проектных решений.

Потребность в моделировании (расчете характеристик) и последующем системном анализе [1] возникает не только при планировании сети, но и в тех случаях, когда характеристики эксплуатируемой сети существенно отличаются от заявленных в техническом задании (ТЗ) на проектирование.

Что интересует проектировщиков, лиц, ответственных за развитие и эксплуатацию сети? Вот некоторые из наиболее часто задаваемых вопросов:

1. Какими будут показатели качества для каждого класса обслуживания при заданном наборе исходных данных? Удовлетворяют ли они заданным требованиям (например, по пропускной способности, задержкам и потерям)?
2. Насколько загружено оборудование и каналы? Есть ли резервы для передачи дополнительных объемов трафика?
3. Имеются ли узкие места?
4. Как изменятся показатели качества обслуживания сети при изменениях:

- нагрузки,
- структуры тяготения,
- пропускной способности каналов,
- при отказе оборудования и обрывах кабелей связи?

5. Как изменятся характеристики при перераспределении пропускной способности между классами обслуживания?

6. Какие участки сети нуждаются в резервировании?

7. Как изменятся характеристики сети при увеличении или уменьшении на некоторых участках пропускной способности сети?

На рис. 1. приведены типовые действия, предпринимаемые проектировщиками при получении нового ТЗ на проектирование или реконструкцию сети.

Для окончательного принятия проектного решения необходимы моделирование и последующий системный анализ. Принятие проектного решения представляет собой итерационный процесс, базирующийся на использовании современных методов моделирования и системного анализа. Возможный сценарий процесса принятия решения приведен на рис. 2.

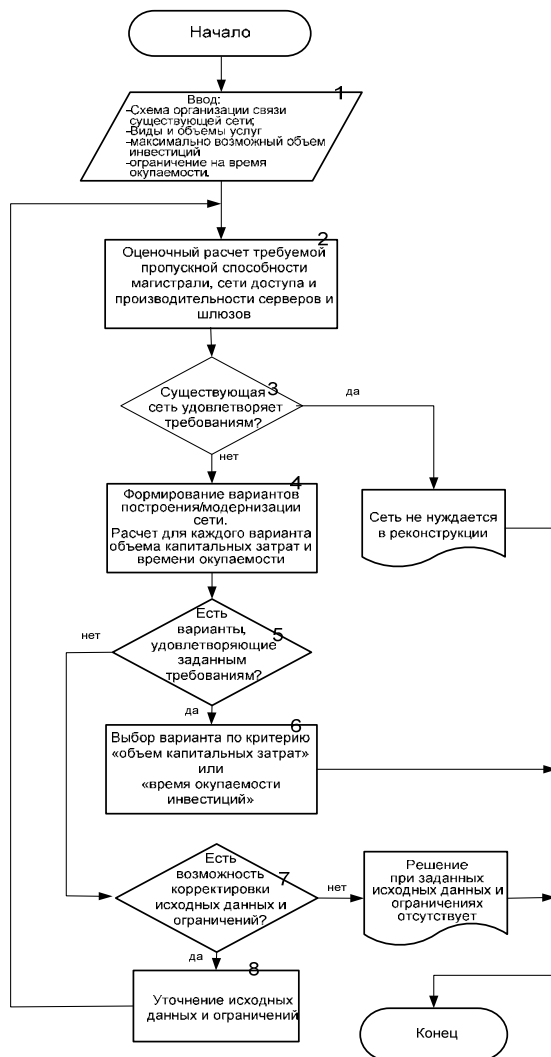


Рис. 1. Алгоритм выбора базового варианта

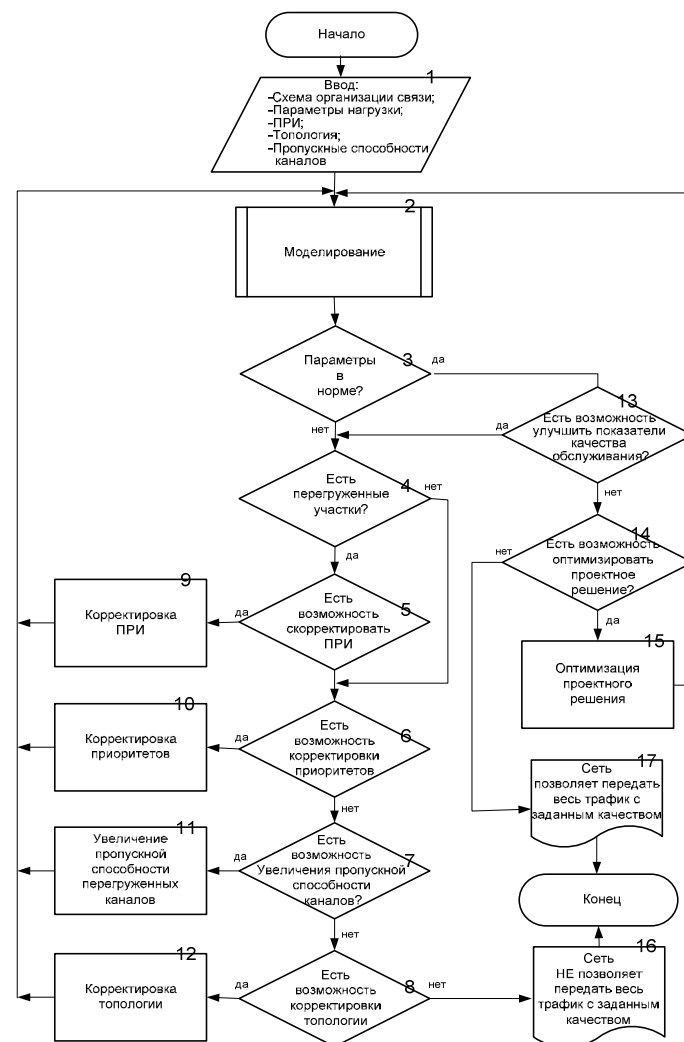


Рис. 2. Алгоритм системного анализа базового варианта

## Литература

1. Гавлиевский, С.Л. Методы анализа мультисервисных сетей связи с несколькими классами обслуживания / С.Л. Гавлиевский. – М.: ИРИАС, 2010. – 365с.





И.А. Грачев, М.А. Болотов

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЦЕНТРИРОВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СБОРОЧНЫХ РАБОТ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

В настоящее время при сборке авиационного двигателя наибольшей проблемой является автоматизация сборочного процесса. К современному методу сборки авиационного двигателя предъявляются жесткие требования по точности изготовленных деталей, точности сборочного процесса и др. Важным этапом сборки является этап центрирования. Операции центрирования ротора определяют точность и является трудоемкой. В современном производстве при центрировании авиационных двигателей процесс сборки происходит в ручном режиме, затрачивается большое количество времени и трудоемкости.

Для решения этой проблемы в работе предлагается автоматизировать сборочный процесс для сокращения трудоемкости, снижения напряженности труда и повышения точности. Данный процесс возможно автоматизировать. Посредством разработки специализированного оборудования. В работе предлагается специализированное устройство и информационная система для автоматизации процесса центрирования. Устройство приведено на рисунке 1.

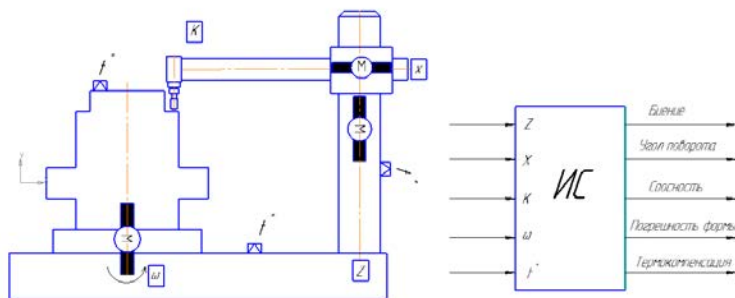


Рисунок 1 – Схема измерительного устройства и структура основных входных и выходных параметров информационной системы

На рисунке 1 приведены: измерительный датчик К для контактного определения отдельных точек поверхностей деталей, угловой датчик W для определения углового положения детали, привода М, датчики линейных перемещений X, Z. С целью компенсации влияния температурных расширений предусмотрены датчики для измерения температуры t.



Устройство работает в следующей последовательности. На первом этапе на специальные посадочные поверхности производится установка корпусной детали, которая содержит исходные измерительные базы ИБ. Затем выполняется измерение основных посадочных поверхностей корпусной детали, в ходе измерения путём расчётов определяется ось детали. На втором этапе производится установка другой детали, например, оболочки или полукорпуса. После установки выполняется измерение базовых поверхностей установленной детали. Результаты полученные в ходе измерений позволяют определить взаимное расположение собираемых деталей и значения сборочных параметров (торцевое и радиальное биения, отклонение от параллельности, соосность, высотные размеры).

В информационную систему ИС через платы ввода-вывода поступают данные с датчиков. В ходе обработки данных рассчитываются сборочные параметры, определяющие качество процесса центрирования. Предусмотрены следующие функции информационной системы:

- 1) управление перемещениями на основе разработанной управляющей программы;
- 2) сохранение, обработка и анализ сигналов с измерительных датчиков;
- 3) возможность выполнения настройки, включающую определение положения детали относительно осей измерительной системы;
- 4) возможность выполнения калибровки измерительного устройства на основе эталона;
- 5) возможность выполнения термокомпенсации тепловых расширений измерительного устройства при изменении температуры внешней среды.

Предусмотрен расчёт следующих геометрических параметров: 1) радиального и торцевого биений; 2) непараллельности и углового расположения измеряемых элементов, относительно базовых поверхностей; 3) соосности; 4) погрешностей формы: круглости, цилиндричности, плоскостности; 5) величин компенсации взаимного расположения собираемых деталей, необходимых для исключения ошибок расположения.

Сигналы, поступающие с измерительных датчиков представляют собой координаты измеренных точек. Укрупнённо алгоритм обработки и анализа сигналов с измерительных датчиков включает в себя следующие этапы:

- 1) определение выбросов в массиве измеренных точек;
- 2) фильтрацию с использованием фильтров Гаусса;
- 3) расчёт геометрических параметров цилиндрических и плоских поверхностей.
- 4) пересчёт измеренных данных в систему координат, определяемых базовыми измеренными геометрическими элементами на основе матричных преобразований;
- 5) расчёт взаимного расположения посредством определения линейных и угловых величин между параметрами измеренных цилиндрических и плоских элементов;
- 6) графический анализ отклонений формы и расположения.



Параметры цилиндрических и плоских поверхностей определяются посредством аппроксимации измеренных массивов координат точек поверхностей с использованием метода наименьших квадратов.

Результаты измерений сохраняются в рабочих каталогах в файлах формата \*.txt.

### Литература

1. Shapiro, L. G. & Stockman, G. C. Computer Vision. — Prentence Hall, 2001. — С. 137, 150.
2. Линник Ю. В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. — 2-е изд. — М., 1962. (математическая теория)
3. Демин Ф.И. Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей. — 2-е изд. — Самара: Изд-во СГАУ, 2012. —1.

В.М. Гречишников, О.В. Теряева

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ УГЛА С ДВУМЯ ВСТРОЕННЫМИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫМИ ВОЦАП

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Преобразователи угловых и линейных перемещений в цифровой код используют в измерительной технике, следящих системах, робототехнических комплексах и т.д. В этой группе преобразователей для измерений параметров применяют специальные кодовые маски [1, 2]. Каждый элемент кодовой маски модулирует поток оптического излучения, поэтому вся маска может быть представлена как совокупность элементов с логическим оптическим выходом. Преобразователи, как правило, эксплуатируют в жестких условиях (электромагнитные помехи, перепады температур), что снижает достоверность получаемой информации. Кроме того, существование индивидуальных каналов связи для каждого разряда преобразователя увеличивает массогабаритные показатели радиоэлектронной аппаратуры. Для решения указанной проблемы предлагается способ мультиплексирования оптических каналов формирования выходного кода на основе волоконно-оптических цифроаналоговых преобразователей (ВОЦАП).

Пример преобразователя угол–код на основе параллельного ВОЦАП представлен в [3]. Однако из-за конечной длительности фронтов аналогового сигнала при переходе от одного элемента кодовой маски к другому возникает погрешность неоднозначности считывания. Чтобы избежать описанной проблемы, можно применить способ устранения неоднозначности, основанный на использовании двух ВОЦАП, линии считывания которых смещены относительно друг друга на один квант, и аналого-цифровой обработки сигналов



ВОЦАП в АЦП. Выбор текущего значения кода в старших разрядах осуществляется с помощью сигнала дополнительной дорожки, которая является младшим разрядом кода. Предлагаемый способ является модификацией известного метода «двойной щетки» [2]. Преобразователь угол–код на основе двух параллельных ВОЦАП, реализованный на указанном методе приведен на рис. 2. В состав преобразователя входит излучатель 1, оптический демультиплексор 2, две группы коллимирующих градианов 3, 4, излучающий световод 5, приемный световод 6, вал 7, кодовая маска 8, считывающий световод 9, два параллельных ВОЦАП 10, 11, общий оптический кабель 12, фотоприемники 13–15, усилители 16–18, пороговое устройство 19, ключ 20, генератор тактового сигнала 21, АЦП 22, промежуточные регистры 23, 24, логический элемент НЕ 25, регистр 26 [4].

Функцию модуляции  $f_i(\alpha)$  преобразователя, представленного на рисунке 2, можно проанализировать с помощью методик, изложенных в [5]:

$$f_i(\alpha) = S_i(\alpha)/S_{0i},$$

где  $S_i(\alpha)$  – площадь прозрачного участка в диафрагме с порядковым номером  $i$  в зависимости от угла  $\alpha$ ;  $S_{0i}$  – полная площадь прозрачного участка в диафрагме с порядковым номером  $i$ .

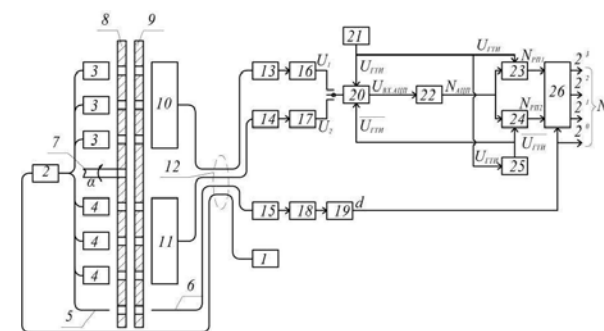


Рисунок 2 – Функциональная схема оптоэлектронного цифрового преобразователя угла с двумя встроенными параллельными ВОЦАП

Методика получения функции модуляции  $f_i(\alpha)$  с использованием методов аналитической геометрии, теории R-функций и преобразования Радона изложены в [1, 6]. Однако аналоговые модели не учитывают логические алгоритмы формирования выходного кода и поэтому недостаточно полно отражают процессы формирования и случайного проявления инструментальных погрешностей на выходе преобразователя в целом. В связи с этим рассмотрим методику получения обобщенной математической модели преобразователя, отображающей информационные процессы в его аналоговых, аналого-цифровых и цифровых функциональных элементах.



Сигнал с опережающего ряда считывающих элементов ВОЦАП 1 запишем как

$$U_1(\alpha) = \sum_{i=0}^{n-1} \{2^{-i} [P_{ni} f_i(\alpha + \Delta\alpha) \vartheta_i S_{\Phi\Pi} R_{o.c}]\} + U_c$$

где  $P_{ni}$  – мощность оптического излучения  $i$ -го канала ВОЦАП;  $\vartheta_i$  – коэффициент энергетических потерь в волоконно-оптических линиях связи;  $S_{\Phi\Pi}$  – чувствительность фотоприемника;  $R_{o.c}$  – сопротивление обратной связи преобразователя фототока в напряжение;  $U_c$  – напряжение смещения нуля;  $\Delta\alpha$  – шаг квантования.

Сигнал с отстающего ряда считывающих элементов ВОЦАП 2 выразим аналогично:

$$U_2(\alpha) = \sum_{j=0}^{n-1} \{2^{-j} [P_{nj} f_j(\alpha) \vartheta_j S_{\Phi\Pi} R_{o.c}]\} + U_c$$

Тогда управляющий сигнал с младшей дорожки

$$U_0(\alpha) = P_{n0} f_0(\alpha + \frac{\Delta\alpha}{2}) \vartheta_0 S_{\Phi\Pi} R_{o.c} + U_c$$

Пусть в качестве АЦП используется преобразователь напряжения в код (ПНК) параллельного типа. Выходной сигнал  $i$ -го компаратора ПНК может быть задан единичной функцией вида

$$e_i(\alpha) = \begin{cases} 1 & \text{при } U_{1,2}(\alpha) > U_{ni}; \\ 0 & \text{при } U_{1,2}(\alpha) \leq U_{ni}, \end{cases}$$

где  $U_{ni} = iU_{on}/m$ ,  $U_{on}$  – опорное напряжение АЦП,  $m = 2^n$ .

Сигнал младшего разряда можно описать единичной функцией:

$$d(\alpha) = \begin{cases} 1 & \text{при } U_0(\alpha) > U_{n0}; \\ 0 & \text{при } U_0(\alpha) \leq U_{n0}, \end{cases}$$

где  $U_{n0} = U_{m0}/2$ , где  $U_{m0}$  – амплитуда сигнала младшего разряда.

При последовательном срабатывании компараторов совокупность их выходных сигналов можно интерпретировать как единичный код выходного напряжения:  $e(\alpha) = \{e_1(\alpha), e_2(\alpha), \dots, e_m(\alpha)\}$ , где  $e_i(\alpha) = \overline{0,1}$ . Особенность единичного кода в том, что две любые соседние кодовые комбинации отличаются между собой только числом единиц в записи кодовой комбинации. Например, кодовые комбинации 0000; 0001; 0011; 0111; 1111 соответствуют десятичным числам 0, 1, 2, 3, 4. Для получения выходного двоичного кода удобно сначала преобразовать единичный код в позиционный единичный код в соответствии с алгоритмом:

$$\begin{cases} b_i(\alpha) = e_i(\alpha) \overline{e_{i+1}(\alpha)}; \\ b_m(\alpha) = e_m(\alpha) e_0(\alpha), \end{cases}$$

где  $i = 1, \dots, (m-1)$ .



Позиционный единичный код отличается от единичного тем, что каждая кодовая комбинация содержит  $m-1$ , ноль и одну единицу, вес которой определяется ее местом в записи кодовой комбинации.

Из таблицы истинности можно получить логические уравнения, устанавливающие связь между значениями разрядных цифр двоичного и позиционного единичного кодов. Например, для трехразрядного двоичного кода система логических уравнений имеет вид:

$$\begin{aligned} a_0(\alpha) &= b_1(\alpha) + b_3(\alpha) + b_5(\alpha) + b_7(\alpha); \\ a_1(\alpha) &= b_2(\alpha) + b_3(\alpha) + b_6(\alpha) + b_7(\alpha); \\ a_2(\alpha) &= b_4(\alpha) + b_5(\alpha) + b_6(\alpha) + b_7(\alpha). \end{aligned}$$

Пользуясь правилами булевой алгебры, данные выражения можно представить в конъюнктивно-нормальной форме

$$\begin{aligned} a_0(\alpha) &= \overline{b_1(\alpha)b_3(\alpha)b_5(\alpha)b_7(\alpha)}; \\ a_1(\alpha) &= \overline{b_2(\alpha)b_3(\alpha)b_6(\alpha)b_7(\alpha)}; \\ a_2(\alpha) &= \overline{b_4(\alpha)b_5(\alpha)b_6(\alpha)b_7(\alpha)}. \end{aligned}$$

Зададим выходной сигнал генератора тактовых импульсов в виде:

$$U_{\Gamma\Pi}(t) = \begin{cases} 1 & \text{при } kT \leq t \leq T(2k+1)/2; \\ 0 & \text{при } T(2k+1)/2 \leq t \leq (k+1)T, \end{cases}$$

где  $k = 0, 1, 2, \dots$  – номер периода колебаний;  $t$  – текущее время;  $T$  – период сигнала генератора тактовых импульсов.

Соответственно значение сигнала на входе АЦП запишем как

$$U_{\text{вх.АЦП}}(\alpha, t) = U_{\Gamma\Pi}(t) U_1(\alpha) + \overline{U_{\Gamma\Pi}(t)} U_2(\alpha),$$

где  $U_1, U_2$  – выходные сигналы ВОЦАП 1 и ВОЦАП 2 соответственно.

Получим зависимость выходного кода АЦП от угла  $\alpha$  в момент времени  $t$ :

$$N_{\text{АЦП}}(\alpha, t) = U_{\Gamma\Pi}(t) \sum_{i=0}^{n-1} a_i(\alpha, \vartheta_i, S_{\Phi\Pi}, R_{o.c}) 2^i + \overline{U_{\Gamma\Pi}(t)} \sum_{j=0}^{n-1} a_j(\alpha, \vartheta_j, S_{\Phi\Pi}, R_{o.c}) 2^j.$$

Номинальные значения выходных кодов первого и второго промежуточных регистров  $N_{\text{РП1}}^{\text{ном}}, N_{\text{РП2}}^{\text{ном}}$  выразим в виде:

$$\begin{aligned} N_{\text{РП1}}^{\text{ном}}(\alpha, t) &= U_{\Gamma\Pi}(t) N_{\text{АЦП}}(\alpha, \vartheta_i, S_{\Phi\Pi}, R_{o.c}); \\ N_{\text{РП2}}^{\text{ном}}(\alpha, t) &= \overline{U_{\Gamma\Pi}(t)} N_{\text{АЦП}}(\alpha, \vartheta_j, S_{\Phi\Pi}, R_{o.c}). \end{aligned}$$

Реальные же значения выходных кодов первого и второго промежуточных регистров  $N_{\text{РП1}}^p, N_{\text{РП2}}^p$  запишем в виде

$$\begin{aligned} N_{\text{РП1}}^p(\alpha, t) &= U_{\Gamma\Pi}(t) N_{\text{АЦП}}(\alpha + \delta_\alpha, \vartheta_i + \delta_\vartheta, S_{\Phi\Pi} + \delta_S, R_{o.c} + \delta_{R_{o.c}}); \\ N_{\text{РП2}}^p(\alpha, t) &= \overline{U_{\Gamma\Pi}(t)} N_{\text{АЦП}}(\alpha + \delta_\alpha, \vartheta_j + \delta_\vartheta, S_{\Phi\Pi} + \delta_S, R_{o.c} + \delta_{R_{o.c}}), \end{aligned}$$

где  $\delta_\alpha, \delta_\vartheta, \delta_S, \delta_{R_{o.c}}$  – отклонения параметров элементов преобразователя от номинальных значений.

В соответствии с логикой работы преобразователя номинальное значение сигнала на его выходе будет:



$$N_{\text{вых}}^{\text{ном}}(\alpha, t) = N_{\text{ПИ1}}^{\text{ном}}(\alpha, t)\overline{d(\alpha)} + N_{\text{ПИ2}}^{\text{ном}}(\alpha, t)d(\alpha).$$

Числовой массив значений инструментальной погрешности  $\Delta_N$  найдем как  $\Delta_N(\alpha, t) = N_{\text{вых}}^p(\alpha, t) - N_{\text{вых}}^{\text{ном}}(\alpha, t)$ ,

где  $N_{\text{вых}}^p(\alpha, t) = N_{\text{ПИ1}}^p(\alpha, t)\overline{d(\alpha)} + N_{\text{ПИ2}}^p(\alpha, t)d(\alpha)$  – реальное значение сигнала на выходе преобразователя, учитывающее отклонения параметров его элементов от номинальных значений.

Таким образом, полученная математическая модель позволяет исследовать комплекс метрологических характеристик оптических ЦАП с учетом отклонений конструктивных параметров преобразователя от номинальных значений в соответствии с методиками, изложенными в [5].

### Литература

1. Гречишников В. М., Конюхов Н. Е. Оптоэлектронные цифровые датчики перемещений со встроенными волоконно-оптическими линиями связи. М.: Энергоатомиздат, 1992.
2. Домрачев В. Г., Мейко Б. С. Цифровые преобразователи угла - принципы построения, теория точности, методы контроля. М.: Энергоатомиздат, 1984.
3. Гречишников В. М., Теряева О. В. Оптоэлектронные цифровые преобразователи угла с весовым уплотнением каналов // Труды межд. симпозиума «Надежность и качество». Пенза: ПГУ. 2015. Т. 2. С. 46–50.
4. Пат. 2550553 РФ. Преобразователь угол-код / В. М. Гречишников, О. В. Теряева // Изобретения. Полезные модели. 2014. Бюл. № 13.
5. Гречишников В. М., Гречишников С. В. Обобщенная математическая модель цифровых преобразователей перемещений и методы ее анализа // Вестн. СамГТУ Сер. Физико-математические науки. 1998. № 6. С. 111–119.
6. Гречишников В. М. Юдин А. А. Получение функции модуляции излучения в оптоэлектронном цифровом преобразователе угла с использованием преобразования Радона // Измерительная техника. 2012. № 1. С. 34–39.

А.В. Докучаев, А.А. Котенко

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ СОГЛАСОВАНИЯ ЦЕН НЕСКОЛЬКИХ ПОСТАВЩИКОВ

(Самарский государственный технический университет)

Рассматривается задача формирования критериев согласования цен поставки однородного товара несколькими поставщиками. Случай линейной зависимости цен от объема поставок приводит к графическому решению, известному в теории матричных игр нескольких лиц с фиксированной суммой. [1, 2]



Используя обозначения цен, а также чистых и смешанных стратегий работы [1] рассмотрим квадратичную модель парных согласований цен применительно к случаю трёх поставщиков. Как и в линейной модели предположим известными все чистые цены для всех поставщиков.

Кроме чистых цен, отражающих монополизацию рынка, будем считать заданными смешанные цены, отражающие захват рынка парой поставщиков.

Так для  $i$ -го поставщика будут известны по две смешанные цены  $q_{ij}(d_{ij})$ ,  $i=1,2,3$ ;  $j=1,2,3$ ;  $i \neq j$ , описывающие зависимость цены  $q$  от объема поставки  $d$  в условиях, когда два поставщика полностью покрывают потребности потребителя.

Таким образом, для каждого поставщика будут заданы известны 5 цен, определяющих 5 точек пространства  $R^3$ . Следовательно, в ценовой функции должно быть пять неизвестных параметров. Среди выпуклых ценовых функций возьмём квадратичную зависимость

$$z_i = B_{i1}x_1^2 + B_{i2}x_2^2 + B_{i3}x_1 + B_{i4}x_2 + C_i.$$

Определим неизвестные параметры, подставив в уравнения ценовых функций координаты точек с известными ценами.

Для первого поставщика известны [1, 2] пять цен:  $a_{11}$ ,  $a_{12}$ ,  $a_{13}$ ,  $q_{12}(d_{12})$ ,  $q_{13}(d_{13})$ . Подставив их координаты в уравнение его ценовой функции, получим линейную систему уравнений

$$\begin{cases} B_{11} + B_{13} + C_1 = a_{11}, \\ B_{12} + B_{14} + C_1 = a_{12}, \\ C_1 = a_{13}, \\ B_{11}d_{12}^2 + B_{12}(1-d_{12})^2 + B_{13}d_{12} + B_{14}(1-d_{12}) + C_1 = q_{12}(d_{12}), \\ B_{11}d_{13}^2 + B_{13}d_{13} + C_1 = q_{13}(d_{13}). \end{cases}$$

Разрешив её, определим ценовую функцию для первого поставщика.

Аналогично для 2-го и 3-го поставщиков получим линейные системы

$$\begin{cases} B_{22} + B_{24} + C_2 = a_{22}, \\ B_{21} + B_{23} + C_2 = a_{21}, \\ C_2 = a_{23}, \\ B_{21}(1-d_{21})^2 + B_{22}d_{21}^2 + B_{23}(1-d_{21}) + B_{24}d_{21} + C_2 = q_{21}(d_{21}), \\ B_{22}d_{23}^2 + B_{24}d_{23} + C_2 = q_{23}(d_{23}), \\ B_{31} + B_{33} + C_3 = a_{31}, \\ B_{32} + B_{34} + C_3 = a_{32}, \\ C_3 = a_{33}, \\ B_{31}(1-d_{31})^2 + B_{33}(1-d_{31}) + C_3 = q_{31}(d_{31}), \\ B_{32}(1-d_{32})^2 + B_{34}(1-d_{32}) + C_3 = q_{32}(d_{32}). \end{cases}$$

Разрешив их, найдём соответствующие ценовые функции.

Теперь для решения задачи об оптимальной цене суммарной поставки необходимо найти максимум функции  $w(x_1, x_2)$  двух независимых переменных. Это можно сделать по известным ценовым функциям всех поставщиков.

Для этого разобьём область  $D$  прямоугольной решёткой с шагом  $h$  и вычислим в узлах решётки значения всех ценовых функций. Значением искомой



функции  $w$  в узле решётки будет максимум из значений ценовых функций в этом же узле.

После того, как значения функции  $w$  найдены, оптимальное значение согласованной цены будет находиться в точке минимума этой функции. Благодаря выпуклости парных ценовых функций точка минимума функции  $w$  будет точкой пересечения всех ценовых функций.

Следовательно, при оптимальном плане покупки товара, которому будет соответствовать точка минимума функции  $w$ , цены единицы товара всех поставщиков будут совпадать. Этот план будет оптимальным, при нём цена единицы товара будет равна координате  $z$  этой точки.

**Вывод.** Ценовые функции поставщиков не всегда являются линейными. Неправильный выбор вида ценовых функций может привести к появлению перекупщиков в цепочке между поставщиком и финальным потребителем.

Более точное (нежели линейное или квадратичное) описание парных ценовых функций потребует более подробной информации о зависимости цены единицы товара от объёма поставки. Наиболее простое описание такой зависимости получается для ситуации пары поставщиков.

Если для каждого поставщика известны его чистые цены и две смешанные парные цены, то в качестве ценовой функции принять квадратичную. Хотя аналитическое определение точки с оптимальной ценой возможно, но оно настолько громоздко, что не представляет практического интереса.

В этом случае задача решается численно с любой необходимой точностью.

### Литература

1. Котенко А.П., Докучаев А.В. Графоаналитический метод определения поставок [Текст] / Вестник СамГТУ. Серия «Физ.-мат. науки». – 2009. – №2(19). – С. 277-279.
2. Котенко А.П., Докучаев А.В. Формирование оптимальной цены при случайном поведении характеристик у нескольких поставщиков / «Высшее образование, бизнес, предпринимательство»: Сб. научных трудов. – Самара: СамГТУ, Поволжский ин-т бизнеса, 2015. – С. 26-29.

Ч.Дон<sup>1</sup>, Ю.М.Заболотнов<sup>1</sup>, Ч.Ван<sup>2</sup>

### УПРАВЛЕНИЕ РАЗВЕРТЫВАЕМОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ТРОСОВОЙ СИСТЕМОЙ С АТМОСФЕРНЫМ ЗОНДОМ

(<sup>1</sup>Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, <sup>2</sup>Северо-западный политехнический университет, г.Сиань, КНР)

Анализируется процесс управления развёртываемой космической тросовой системой (КТС) с атмосферным зондом (АЗ). Показано, что построение номинальной программы развёртывания тросовой системы с учетом аэродинамических сил позволяет в несколько раз уменьшить ошибки приведения системы



в заданное конечное состояние. Приводятся численные расчеты, подтверждающие проведенные исследования и сформулированные выводы.

Тросовая система состоит из базового космического аппарата (КА), троса и АЗ. Атмосферный зонд это тело надувной или складной конструкции, имеющее увеличенный баллистический коэффициент. Атмосферные зонды могут использоваться, например, для мониторинга верхних слоев атмосферы.

Для построения номинальной траектории развёртывания КТС в положение, близкое к вертикальному, используется обычно модель движения в подвижной орбитальной системе координат [1]

$$\ddot{L} = L[(\dot{\theta} + \dot{u})^2 - \dot{u}^2(1 - 3\cos^2 \theta)] + \frac{Q_L - T_n}{M_e}, \quad (1)$$

$$\ddot{\theta} = -2\frac{\dot{L}}{L}(\dot{\theta} + \dot{u}) - \frac{3}{2}\dot{u}^2 \sin 2\theta + \frac{Q_\theta}{M_e L^2}, \quad (2)$$

где  $L$  и  $\theta$  - длина троса и угол его отклонения троса от вертикали,  $u$  - аргумент широты орбиты центра масс системы,  $M_e = m_1 m_2 / M$ ,  $m_1$  и  $m_2$  - массы КА и зонда,  $M = m_1 + m_2$ ,  $T_n$  - сила натяжения троса,  $Q_L$  и  $Q_\theta$  - обобщенные аэродинамические силы. При выводе уравнений (1-2) предполагается, что орбита центра масс системы за время развёртывания системы не изменяется и близка к круговой орбите.

Программа развёртывания КТС в вертикальное положение имеет вид

$$T_n = M_e \dot{u}^2 [a(L - L_k) + b\dot{L} / \dot{u} + 3L_k], \quad (3)$$

где  $a, b$  - параметры закона управления,  $L_k$  - конечная длина троса. Если орбита центра масс круговая, то  $\dot{u} = \text{const}$ .

Обобщенные аэродинамические силы определяются из выражений  $Q_L = \delta A_L / \delta L$ ,  $Q_\theta = \delta A_\theta / \delta \theta$ , где  $\delta A_L$  и  $\delta A_\theta$  - работы на возможных перемещениях  $\delta L$ ,  $\delta \theta$ . Поэтому

$$Q_{\theta 1} = -C_1 S_1 \rho_1 V_{r1} \cdot \Delta L_1 \cdot (V_{o1} \cdot \cos(\theta - \varphi_1) + V_{\theta 1}) / 2 \quad (4)$$

$$Q_{L1} = -C_1 S_1 \rho_1 V_{r1} \cdot m_2 \cdot (V_{o1} \cdot \sin(\theta - \varphi_1) + V_{L1}) / 2M \quad (5)$$

$$Q_{\theta 2} = C_2 S_2 \rho_2 V_{r2} \cdot \Delta L_2 \cdot (V_{o2} \cdot \cos(\theta + \varphi_2) - V_{\theta 2}) / 2 \quad (6)$$

$$Q_{L2} = C_2 S_2 \rho_2 V_{r2} \cdot m_1 \cdot (V_{o2} \cdot \sin(\theta + \varphi_2) - V_{L2}) / 2M \quad (7)$$

где  $C_{1,2}$  - коэффициенты сил аэродинамического сопротивления,  $S_{1,2}$  - характерные площади,  $\rho_{1,2}$  - плотности атмосферы,  $\Delta L_{1,2} = m_{2,1} L / M$ , углы  $\varphi_{1,2}$  и составляющие  $V_{o1,2}$ ,  $V_{L1,2}$ ,  $V_{\theta 1,2}$  суммарных скоростей  $V_{r1,2}$  КА и зонда определяются в соответствии с рис.1.

Обобщенные силы, входящие в систему (1-2), определяются суммированием соответствующих выражений из (4-7):  $Q_\theta = Q_{\theta 1} + Q_{\theta 2}$ ,  $Q_L = Q_{L1} + Q_{L2}$ .

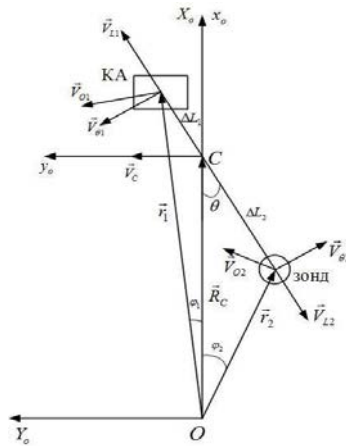


Рис. 1 Положения КА и зонда относительно орбитальных систем координат

Уравнения движения КТС в геоцентрической системе координат записываются в виде [1]

$$\frac{d\vec{r}_k}{dt} = \vec{V}_k, \quad m_k \frac{d\vec{V}_k}{dt} = \vec{G}_k + \vec{T}_k + \vec{R}_k \quad (8)$$

где  $\vec{r}_k$  ( $k=1,2$ ) - радиус-вектора КА и зонда,  $\vec{V}_k$  - абсолютные скорости концевых масс,  $\vec{G}_k, \vec{T}_k, \vec{R}_k$  - вектора гравитационной сил, сил натяжения троса и аэродинамических сил.

Так как трос не воспринимает сжимающих усилий, то модуль силы упругости вычисляется по закону Гука

$$T = \begin{cases} c \frac{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2| - l}{L}, & \text{if } |\vec{r}_1 - \vec{r}_2| - l \geq 0 \\ 0, & \text{if } |\vec{r}_1 - \vec{r}_2| - l \leq 0 \end{cases} \quad (9)$$

где  $l$  - нерастянутая длина троса,  $c = E \cdot A$  - коэффициент жесткости,  $E$  - модуль Юнга,  $A$  - площадь поперечного сечения троса.

Соответственно в векторном виде силы натяжения троса определяются выражениями

$$\vec{T}_1 = T \frac{\vec{r}_2 - \vec{r}_1}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|}, \quad \vec{T}_2 = -\vec{T}_1, \quad (10)$$

При моделировании разворачивания КТС в соответствии с к системой (8) необходимо добавить уравнения, учитывающие динамику работы механизма управления. Запишем эти уравнения в виде [2]

$$m_e \frac{dV_l}{dt} = T_1 - F_c, \quad \frac{dl}{dt} = V_l, \quad (11)$$

где коэффициент  $m_e$  учитывает инерционность механизма управления,  $V_l$  -



скорость троса,  $F_c$  - управляющая сила в механизме выпуска троса.

В соответствии с принципом обратной связи силу  $F_c$  зададим в виде [2,3]

$$F_c = T_n + p_1 \Delta L + p_2 \Delta V, \quad (12)$$

где  $p_1, p_2$  - коэффициенты регулирования,  $T_n$  - номинальная сила натяжения троса (3),  $\Delta L = l - L$ ,  $\Delta V = V_l - V_L$ .

На рис.2-3 показаны траектории зонда относительно КА, где номинальные траектории показаны штриховыми линиями, а возмущенные траектории - сплошными линиями. Анализ представленных результатов показывает, что использование номинальной программы разворачивания КТС без учета аэродинамических сил (рис.2) приводит к большим ошибкам в конце разворачивания, которые проявляются в колебаниях груза относительно вертикали. Учет аэродинамических сил при построении номинальных траекторий позволяет существенно уменьшить ошибки регулирования. Из сравнения рис.2-3 следует, что ошибка регулирования уменьшается приблизительно в 36 раз.

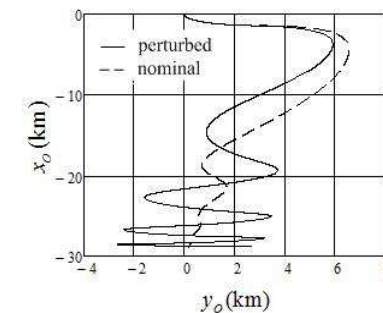


Рис. 2

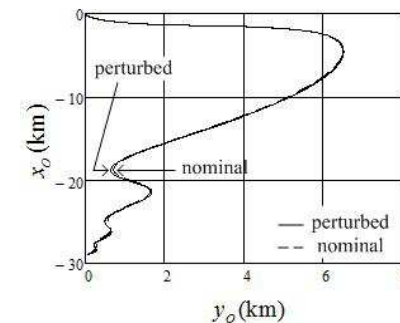


Рис. 3





При проведении расчетов использовались следующие исходные данные:  $m_e = 0.2 \text{ кг}$ ,  $m_1 = 6000 \text{ кг}$ ,  $m_2 = 20 \text{ кг}$ ,  $L_k = 30 \text{ км}$ ,  $a = 4$ ,  $b = 5$ , баллистические коэффициенты  $\sigma_1 = 1.257 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 / \text{кг}$ ,  $\sigma_2 = 0.015 \text{ м}^2 / \text{кг}$ ; коэффициенты регулирования  $p_1 = 0.243$ ,  $p_2 = 7.824$  [4].

Таким образом, использование номинальной программы развертывания КТС без учета атмосферных возмущений приводит к большим ошибкам в конце развертывания, которые проявляются в колебаниях груза относительно вертикали. Учет аэродинамических сил при построении номинальных траекторий позволяет существенно уменьшить ошибки регулирования. Данный вывод остается в силе при изменении наклона начальной орбиты центра масс КТС и при учете вращения атмосферы.

### Литература

1. Zabolotnov Yu. Introduction to Dynamics and Control in Space Tether System. Beijing: Science Press, 2013. 140 p.
2. Zabolotnov, Yu.M., Naumov, O.N. Motion of a Descent Capsule Relative to Its Center of Mass when Deploying the Orbital Tether System // J. Cosmic Research. – 2012. – 50 (2). – pp. 177-187.
3. Kruijff, M. Tethers in Space. The Netherlands: Delta - Utec Space Research, 2011. 432 p.
4. Заболотнова, О. Ю. Синтез алгоритмов управления для развертывания космической тростовой системы // «Полёт». – 2010. – №11. – С. 36-42.

Р.А. Ершов, О.А. Морозов, В.Р. Фидельман

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ ИЗЛУЧЕНИЯ В СПУТНИКОВЫХ СИСТЕМАХ СВЯЗИ С КОДОВЫМ РАЗДЕЛЕНИЕМ ДОСТУПА В УСЛОВИЯХ ВЛИЯНИЯ ЭФФЕКТА ДОПЛЕРА

(Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского)

В настоящее время важное значение для спутниковых систем связи приобретают задачи обнаружения и позиционирования излучающего объекта методами пассивной пеленгации. Для решения задачи определения координат источников получили распространение многопозиционные пассивные системы. Одним из наиболее распространенных методов определения местоположения источников излучения, используемым в таких системах, является разностно-дальномерный метод, требующий оценки взаимных временных задержек распространения сигнала многопозиционной системой приемных устройств [1].

Определение местоположения источника радиоизлучения разностно-дальномерным методом основано на решении системы нелинейных уравнений



$$\begin{cases} \Delta R_{ij} = R_{iM} - R_{jM} = c(\tau_{iM} - \tau_{jM}) = c\Delta\tau_{ij}, \\ R_{iM} = \sqrt{(x_i - x_M)^2 + (y_i - y_M)^2 + (z_i - z_M)^2}, \\ R_{jM} = \sqrt{(x_j - x_M)^2 + (y_j - y_M)^2 + (z_j - z_M)^2}, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\Delta R_{ij}$  – разности расстояний между точкой излучения  $(x_M, y_M, z_M)$  и несколькими точками (искусственными спутниками Земли) приема сигнала с соответствующими координатами  $(x_i, y_i, z_i)$ ,  $\Delta\tau_{ij}$  – временные задержки распространения сигналов от источника между  $i$ -м и  $j$ -м приемниками,  $c$  – скорость света.

В настоящее время в спутниковых системах связи широко используется технология кодового разделения каналов (CDMA). Благодаря высокой спектральной эффективности, кодовое разделение каналов является радикальным решением проблемы эволюции систем связи по сравнению с временным и частотным разделением доступа. Целью данной работы является разработка алгоритма определения местоположения источников излучения в системах связи с кодовым разделением доступа на основе разностно-дальномерного метода.

Согласно (1) для применения разностно-дальномерного метода необходимо определить взаимные временные задержки распространения сигналов в системе. Асимптотически оптимальным в смысле максимального правдоподобия методом оценки временных задержек является метод, основанный на вычислении и анализе взаимной корреляции сигнала  $s_1(t)$ , который регистрируется с высоким отношением сигнал/шум и принимается за опорный, и сигнала  $s_2(t)$ , который принимается за исследуемый:

$$R_{12}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^T s_1(t) s_2^*(t + \tau) dt. \quad (2)$$

При этом взаимная временная задержка определяется по положению максимума взаимной корреляции:

$$\tau^* = \arg \max_{\tau} |R_{12}(\tau)|. \quad (3)$$

В случае наличия нескольких источников взаимная корреляционная функция имеет несколько максимумов, каждый из которых соответствует одному из источников. По положению максимумов взаимных корреляционных функций можно определить взаимные временные задержки (3), однако в случае обработки CDMA-сигналов при использовании задержек в качестве навигационных параметров разностно-дальномерного метода определения местоположения возникает задача соотнесения максимумов конкретным источникам. При использовании корреляционного метода возникает неоднозначность такого соотнесения.

Для устранения проблемы неоднозначности предлагается следующий алгоритм. Рассмотрим частный случай для трёх источников излучения и трёх ретранслирующих спутников. С помощью корреляционного метода (2, 3) на



первом шаге вычисляется одна из временных задержек  $\Delta t_{21}$  – задержка распространения сигнала от первого источника ко второму спутнику относительно первого спутника. Далее необходимо найти соответствующую данной задержке  $\Delta t_{31}$  распространения сигнала от этого же источника к третьему спутнику. Для этого строится сигнал  $\tilde{S}_2$  путём сдвига сигнала второго спутника на величину задержки  $\Delta t_{21}$ , и вычисляется разность сигналов  $S_1$  и  $\tilde{S}_2$

$$S_{dif} = S_1 - \tilde{S}_2 = x_2(t) - x_2(t + \Delta t_{22} - \Delta t_{21}) + x_3(t) - x_3(t + \Delta t_{23} - \Delta t_{21}), \quad (4)$$

где  $x_2, x_3$  – сигналы соответственно второго и третьего источников,  $\Delta t_{ij}$  – задержка распространения сигнала от  $j$ -го источника к  $i$ -му спутнику. Как можно видеть из (4), разностный сигнал  $S_{dif}$  не содержит сигнала  $x_1(t)$  от первого источника, поэтому задержку  $\Delta t_{31}$  можно вычислить на основе сравнения корреляционной функции  $R_{13}$  сигналов первого и третьего спутников, где присутствуют все корреляционные максимумы, соответствующие источникам (рис. 1а), с корреляционной функцией  $R_{dif3}$  разностного сигнала с сигналом  $S_3$  на третьем спутнике, где пропадает корреляционный максимум, соответствующий первому источнику (рис. 1б).

Пары задержек  $(\Delta t_{21}; \Delta t_{31})$  достаточно для определения местоположения первого источника. Аналогично определяются пары задержек, соответствующие остальным источникам, и, соответственно, местоположения этих источников на основе решения системы уравнений разностно-дальномерного метода.

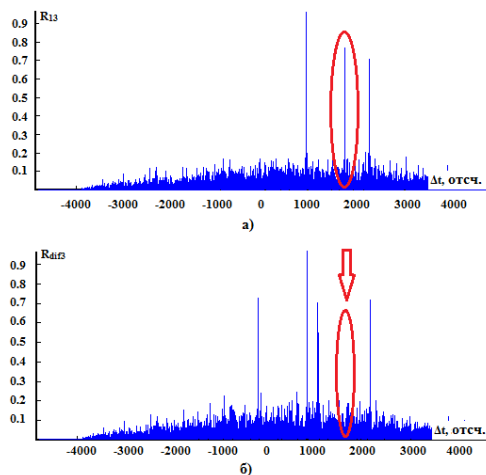


Рис. 1. Взаимные корреляционные функции сигналов: а) первого и третьего спутников; б) разностного сигнала и сигнала третьего спутника



В работе проведено исследование устойчивости предложенного алгоритма к частотным сдвигам в принимаемых сигналах, неизбежно возникающих в спутниковых системах вследствие эффекта Доплера. Неполная компенсация эффекта Доплера влияет на устойчивость предложенного алгоритма. Критерий устойчивости при моделировании представлял собой отношение величин корреляционных максимумов:

$$K = \frac{R_{13}(\tau^*)}{R_{dif3}(\tau^*)}, \quad (5)$$

где  $\tau^* = \arg \max_{\tau} R_{13}(\tau)$ .

Таким образом, введённый критерий (5) характеризует то, насколько уменьшается корреляционный максимум после компенсации сигнала от источника. Исследование показало, что при частотном сдвиге до 200 Гц величина критерия (5) сохраняется достаточно большой, что позволяет дать состоятельные оценки взаимных временных задержек.

Поскольку в спутниковых системах связи могут возникать частотные сдвиги величины большей 200 Гц, то данный алгоритм в этих случаях не позволит достоверно оценить взаимные временные задержки (рис. 2).

Для получения достоверной оценки взаимных временных задержек необходима компенсация доплеровских сдвигов, например путём использования взаимной функции неопределённости сигналов [2-4]:

$$A(\tau, \Delta f) = \int_0^T s_1(t) s_2^*(t + \tau) \exp(-j2\pi \Delta f t) dt. \quad (6)$$

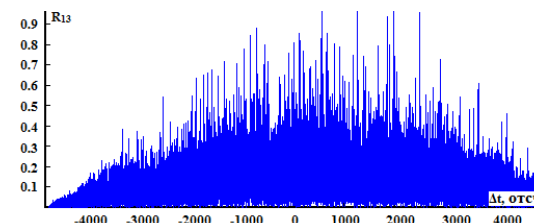


Рис. 2. Взаимная корреляционная функция сигналов с доплеровским сдвигом

Для применения алгоритма «разностных сигналов» к оценке временных задержек распространения сигналов в системе и последующей оценки местоположения источников необходима предварительная обработка сигналов с целью компенсации доплеровского сдвига. Обработка заключается в расчёте взаимных функций неопределённости (6) для оценки доплеровского сдвига, затем выполняется непосредственная компенсация доплеровского сдвига:

$$s'(t) = s(t) \exp(-j2\pi \Delta f t). \quad (7)$$



После проведения компенсации доплеровского сдвига к обработке сигналов может быть непосредственно применен алгоритм «разностных сигналов».

### Литература

1. Гришин Ю. П., Казаринов Ю. М., Ипатов П. В. Радиотехнические системы. – М.: Высш. шк., 1990. – 496 с.
2. Stein S. Algorithms for Ambiguity Function Processing // IEEE Transactions on acoustics, speech, and signal processing. Vol. ASSP-29, N. 3, 1981. – P. 588-599.
3. Логинов, А.А., Марычев, Д.С., Морозов, О.А., Фидельман, В.Р. Алгоритм вычисления функции неопределенности в задаче одновременной оценки частотно-временных характеристик сигналов. // Известия вузов. Поволжский регион. Технические науки. №3 (27) . – 2013. – С. 62-73.
4. Ершов Р.А., Морозов О.А., Фидельман В.Р. Оценка взаимной временной задержки сигналов с псевдослучайной скачкообразной перестройкой частоты. // Известия высших учебных заведений. Радиофизика, Т. 58, №2, 2015 г. – с. 157-166.

В.Е. Зотеев, А.А. Свистунова

### ЧИСЛЕННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОВЕРХНО УПРОЧНЕННОМ ПОЛУПРОСТРАНСТВЕ

(Самарский государственный технический университет)

При расчете и исследовании полей остаточных напряжений и пластических деформаций в поверхностно упрочненном полупространстве одной из основных задач является задача достоверной оценки параметров аппроксимации экспериментальных зависимостей остаточных напряжений  $\sigma_x(z)$ . Эта зависимость, как правило, описывается аналитической функцией вида

$$\sigma_x(z) = \sigma_0 \exp[-z^2] - \sigma_1 \exp[-\alpha z^2] \quad (1)$$

где  $\sigma_0$ ,  $\sigma_1$  и  $\alpha$  – параметры, подлежащие определению. Известный подход к решению этой задачи не предполагает в своих алгоритмах применения статистических методов обработки результатов эксперимента. Он, как правило, использует информацию о двух, специальным образом выбранных, точках кривой (1) и дополнительное условие, связывающее её параметры. При этом практически все точки эксперимента в вычислениях параметров зависимости (1) не участвуют, что является существенным недостатком такого метода.

Предлагается новый численный метод определения на основе экспериментальных данных параметров напряженного состояния поверхностно упрочненного полупространства. В основе метода лежит среднее квадратичное оценивание коэффициентов разностного уравнения, описывающего результаты экс-



перимента для компоненты остаточных напряжений, возникающих в поверхностно упрочненном полупространстве после процедуры поверхностного пластического деформирования. Алгоритм этого метода включает следующие основные этапы:

- построение рекуррентной формулы, связывающей несколько последовательных дискретных значений зависимости (1) компоненты напряжений  $\sigma_x(z)$ ;
- разработка разностных уравнений, описывающих результаты наблюдений и учитывающих случайный разброс в данных эксперимента;
- формирование на основе разностных уравнений обобщенной регрессионной модели, коэффициенты которой известным образом связаны с параметрами исследуемой зависимости (1);
- среднее квадратичное оценивание коэффициентов обобщенной регрессионной модели, в основе которого лежит минимизация суммы квадратов отклонений модели (1) от результатов наблюдений по всем точкам эксперимента;
- вычисление параметров компоненты остаточных напряжений, возникающих в упрочненном слое полупространства;
- оценка погрешности результатов вычислений, а также адекватности построенной модели результатам эксперимента.

Построена система разностных уравнений при отсутствии ограничений, описывающая результаты эксперимента для компоненты напряжений  $\sigma_x(z)$ , и лежащая в основе численного метода параметрической идентификации напряженно-деформированного состояния:

$$\begin{cases} y_0 = \lambda_1 - \lambda_2 + \varepsilon_0, \\ y_1 = \lambda_1 m_1 - \lambda_2 \lambda_3^{(i)} + \varepsilon_1, \\ y_{k-2} y_k = \lambda_1 (m_k y_{k-2} + m_{k-2} y_k - \lambda_1^{(i)} m_k m_{k-2} + \lambda_1^{(i)} \lambda_3^{2(i)} m_{k-1}^2 - 2 \lambda_3^{(i)2} m_{k-1} y_{k-1}) + \lambda_3 (\lambda_3^{(i)} y_{k-1}^2) + \eta_k, \\ \eta_k = \varepsilon_k (y_{k-2} - \lambda_1 m_{k-2}) + 2 \lambda_3^{2(i)} \varepsilon_{k-1} (\lambda_1^{(i)} m_{k-1} - y_{k-1}) + \varepsilon_{k-2} (y_k - \lambda_1 m_k), \\ k = 2, N-1. \end{cases} \quad (2)$$

где  $m_k = \exp(-k^2 (\Delta z)^2)$ ,  $y_k = \sigma_x(k \Delta z)$ ,  $k = 0, 1, 2, 3, \dots, N-1$ , – результаты эксперимента,  $\Delta r$  – шаг дискретизации зависимости (1);  $N$  – объем выборки результатов наблюдений;  $\varepsilon_k$  – случайный разброс в данных эксперимента;

$$\lambda_1 = \sigma_0, \lambda_2 = \sigma_1, \lambda_3 = \exp[-\alpha \tau^2] \quad (3)$$

Формулы (3) позволяют по найденным среднее квадратичным оценкам коэффициентов разностного уравнения (2) вычислить  $\sigma_0$ ,  $\sigma_1$  и  $\alpha$  модели (1).

Если использовать условие, что твердого тела, эпюра напряжения  $\sigma_\theta^{res}(r)$  должна быть самоуравновешенной, т.е. должно выполняться условие

$$\int_0^\infty \sigma_x(z) dz = 0 \quad (4)$$



то система разностных уравнений будет иметь вид:

$$\begin{cases} y_0 = \lambda_1 \left( 1 - \sqrt{-\frac{\ln \lambda_2^{(i)}}{\tau^2}} \right) + \varepsilon_0, \\ y_1 = \lambda_1 \left( m_1 - \lambda_2^{(i)} \sqrt{-\frac{\ln \lambda_2^{(i)}}{\tau^2}} \right) + \varepsilon_1, \\ y_{k-2} y_k = \lambda_1 (m_k y_{k-2} + m_{k-2} y_k - \lambda_1^{(i)} m_k m_{k-2} + \lambda_1^{(i)} \lambda_2^{2(i)} m_{k-1}^2 - 2 \lambda_2^{(i)2} m_{k-1} y_{k-1}) + \\ + \lambda_2 (\lambda_2^{(i)} y_{k-1}^2) + \eta_k, \\ \eta_k = \varepsilon_k (y_{k-2} - \lambda_1 m_{k-2}) + 2 \lambda_2^{2(i)} \varepsilon_{k-1} (\lambda_1^{(i)} m_{k-1} - y_{k-1}) + \varepsilon_{k-2} (y_k - \lambda_1 m_k), \\ k = 2, N-1. \end{cases} \quad (5)$$

$$\lambda_1 = \sigma_0, \lambda_2 = \exp[-\alpha \tau^2], \sigma_1 = \sigma_0 \sqrt{\alpha}. \quad (6)$$

Формулы (6) позволяют по найденным среднеквадратичным оценкам коэффициентов разностного уравнения (5) вычислить параметры  $\sigma_0$ ,  $\sigma_1$  и  $\alpha$  модели (1).

Для вычисления среднеквадратичных оценок коэффициентов разностного уравнения (2) и (5), обеспечивающих минимум отклонения модели (1), описывающей компоненту напряжений  $\sigma_\theta^{res}(r)$ , от экспериментальных данных, используется обобщенная регрессионная модель вида

$$\begin{cases} b = F\lambda + \eta; \\ \eta = P_\lambda \varepsilon, \end{cases} \quad \text{где} \quad b = (y_0, y_1, y_0 y_2, \dots, y_{N-3} y_{N-1})^T, \lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3)^T, \varepsilon = (\varepsilon_0, \dots, \varepsilon_{N-1})^T, \eta = (\eta_1, \dots, \eta_N)^T.$$

Для выполнения требования  $\|\varepsilon\|^2 = \|P_\lambda^{-1} b - P_\lambda^{-1} F \lambda\|^2 \rightarrow \min$  алгоритм численного метода на основе обобщенной регрессионной модели использует итерационную процедуру уточнения среднеквадратичных оценок  $\hat{\lambda}_i$  коэффициентов разностного уравнения. Эта процедура может быть описана формулой:

$$\hat{\lambda}^{(i+1)} = \left\{ \left[ F_{\hat{\lambda}^{(i)}}^T + B_{\hat{\lambda}^{(i)}}^T D_{P^{(i)}}^T - (D_{B^{(i)}} - D_{F^{(i)}} \cdot \Lambda_{\hat{\lambda}^{(i)}})^T \right] \Omega_{\hat{\lambda}^{(i)}}^{-1} F_{\hat{\lambda}^{(i)}} \right\}^{-1} \left[ F_{\hat{\lambda}^{(i)}}^T + B_{\hat{\lambda}^{(i)}}^T D_{P^{(i)}}^T - (D_{B^{(i)}} - D_{F^{(i)}} \cdot \Lambda_{\hat{\lambda}^{(i)}})^T \right] \Omega_{\hat{\lambda}^{(i)}}^{-1} b_{\hat{\lambda}^{(i)}}, \quad (7)$$

где  $i = 0, 1, 2, \dots$  – номер итерации,  $\Omega_{\hat{\lambda}^{(i)}}^{-1} = (P_{\hat{\lambda}^{(i)}}^{-1})^T P_{\hat{\lambda}^{(i)}}^{-1}$ ,

$$B_{\hat{\lambda}^{(i)}} = \begin{bmatrix} P_{\hat{\lambda}^{(i)}}^{-1} (b - F \lambda) & \bar{0} & \dots & \bar{0} \\ \bar{0} & P_{\hat{\lambda}^{(i)}}^{-1} (b - F \lambda) & \dots & \bar{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{0} & \bar{0} & \dots & P_{\hat{\lambda}^{(i)}}^{-1} (b - F \lambda) \end{bmatrix},$$



$$D_{P[N \times n]} = \begin{bmatrix} \frac{dP_{\lambda_1}}{d\lambda_1} & \frac{dP_{\lambda_2}}{d\lambda_2} & \frac{dP_{\lambda_3}}{d\lambda_3} & \dots & \frac{dP_{\lambda_n}}{d\lambda_n} \end{bmatrix}, \quad D_{B[N \times n]} = \begin{bmatrix} \frac{db_{\lambda_1}}{d\lambda_1} & \frac{db_{\lambda_2}}{d\lambda_2} & \frac{db_{\lambda_3}}{d\lambda_3} & \dots & \frac{db_{\lambda_n}}{d\lambda_n} \end{bmatrix},$$

$$D_{F[N \times n^2]} = \begin{bmatrix} \frac{dF_{\lambda_1}}{d\lambda_1} & \frac{dF_{\lambda_2}}{d\lambda_2} & \frac{dF_{\lambda_3}}{d\lambda_3} & \dots & \frac{dF_{\lambda_n}}{d\lambda_n} \end{bmatrix}, \quad \Lambda_{[n^2 \times n]} = \begin{bmatrix} \lambda & \bar{0} & \dots & \bar{0} \\ \bar{0} & \lambda & \dots & \bar{0} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \bar{0} & \bar{0} & \dots & \lambda \end{bmatrix}.$$

Начальное приближение вектора среднеквадратичных оценок  $\hat{\lambda}^{(0)}$  может быть найдено из условия минимизации невязки  $\|\eta\|^2 \rightarrow \min$  по формуле  $\hat{\lambda}^{(0)} = (F^T F)^{-1} F^T b$ . Достаточные условия сходимости итерационной процедуры рассматриваются и исследуются в [2].

Для проведения численно аналитического исследования эффективности численного метода определения параметров остаточных напряжений было разработано программное средство на языке C#.

Был применен используемый в механике метод определения параметров остаточных напряжений, а также три разработанных алгоритма на основе разностных уравнений. Данные приведены в таблице 1.

Таблица 5. Сравнение полученных результатов

|                                 | $\sigma_0$ | $\sigma_1$ | $\alpha$ | Адекватность |
|---------------------------------|------------|------------|----------|--------------|
| Известный метод                 | 118,885    | 1118,885   | 88,576   | 18.52%       |
| 1 алгоритм – нет ограничений    | 78,214     | 1040,396   | 176,939  | 19.8%        |
| 2 алгоритм – условие равновесия | 105,737    | 985,0096   | 86,781   | 10.72%       |

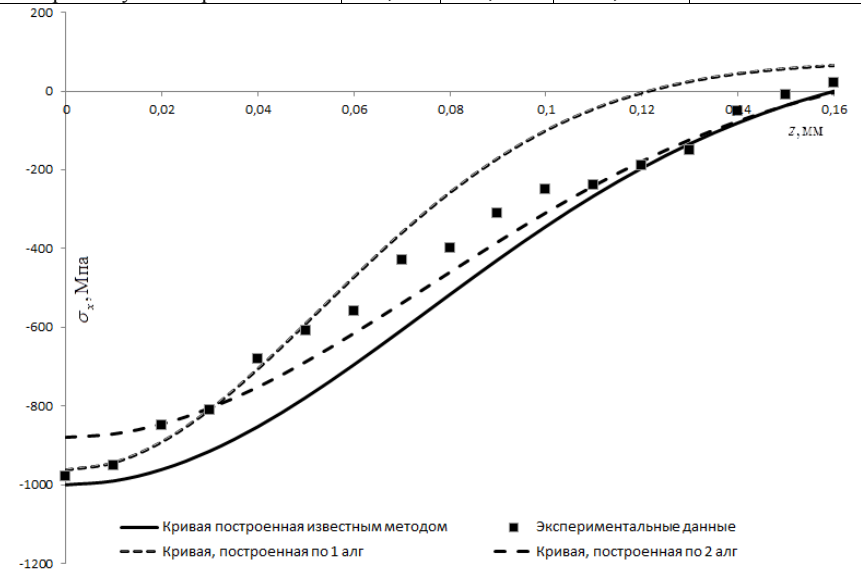


Рисунок 10 - График зависимости  $\sigma_x = \sigma_x(z)$



Таким образом, применение численного метода, в основе которого лежит среднеквадратичное оценивание коэффициентов разностного уравнения, при расчете и исследовании остаточных напряжений при поверхностном упрочнении полупространства позволяет повысить адекватность модели экспериментальным данным и, тем самым, достоверность оценок параметров напряженно деформируемого состояния.

### Литература

1. Радченко, В.П. Ползучесть и релаксация остаточных напряжений в упрочненных конструкциях/В. П. Радченко, М.Н. Саушкин М.: Машиностроение-1, 2005. – 226 с.
2. Зотеев В.Е. Математические основы построения разностных уравнений для задач параметрической идентификации / Вестник Самарского государственного технического университета. Серия Физико-математические науки, 2008, №2(17). С.192-202.
3. Зотеев В.Е. Параметрическая идентификация линейной динамической системы на основе стохастических разностных уравнений / Математическое моделирование, 2008, том 20, №9, С. 120-128.

В.И. Иванов, М.Н. Ромаданова

### ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ЭХО НА СОВРЕМЕННЫХ СЕТЯХ

(Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)

Известно, что мешающее действие электрического эха определяется затуханием эхосигнала в канале и его задержкой относительно исходного речевого сигнала. Современные системы связи, в особенности, использующие высокоэффективные речевые кодеки, сотовую связь, а также сети пакетной передачи, характеризуются значительными задержками речевого сигнала; этим объясняется большая подверженность подобных систем действию эха по сравнению с традиционными системами передачи. Эксплуатация таких систем связи требует тщательного контроля над проявлениями эффекта электрического эха и принятия мер по борьбе с его действием [Текст]

Значительно увеличилась доля каналов, требующих использования средств подавления эффекта электрического эха, за счет широкого использования на сетях связи цифровых методов обработки сигнала, связанных, главным образом, с блочным характером обработки. В частности, значительное распространение получили системы, использующие интерполяционные алгоритмы сжатия речи. На фиксированных сетях статус стандарта де-факто приобрел алгоритм CS-ACELP, обеспечивающий восьмикратное сжатие речи с незначительной потерей качества, а на сетях мобильной связи - GSM 06.10, реализуе-



мый близкими к CS-ACELP процедурами и обладающий похожими свойствами.

Появились новые способы и средства передачи телефонных сообщений, выдвинувшие IP - телефонию на лидирующие позиции по степени мешающего воздействия эффекта электрического эха. Стремление к экономии средств и к передаче максимально возможного трафика при имеющейся пропускной способности шлюзов в сеть общего пользования заставляет операторов использовать максимальную емкость буфера сбора пакетов, часто усугубляя картину передачи сжатием речи по алгоритму CS-ACELP. Естественно, подобные меры приводят к увеличению времени распространения сигналов по каналам, и, как следствие, к необходимости применения ЭПУ. Надо сказать, что не существует точной оценки качества ни речевого, ни телевизионного сигнала, поскольку оно зависит от восприятия человека, т.е. такая оценка в значительной степени субъективна[2]. На помощь приходит статистика. Например, для оценки качества речи была предложена средняя экспертная оценка (Mean Opinion Score, MOS). Она формируется на основе большого числа испытаний, в каждом из которых участвует множество экспертов. Возможные значения MOS находятся в пределах от 1 до 5. Средний показатель с цифрой 4 соответствует хорошему качеству речевого соединения, менее 3,5 означает неудовлетворительное качество. На рис. 1 приведены логические оценки качества телефонного сигнала, соответствующие разным областям значений MOS. Оценивать можно и с помощью коэффициента R в процентах. Если R превышает 93%, значит, качество передачи телефонного сигнала хорошее. Абонент замечает ухудшение качества при значениях R менее 70%.



Рис.1 – Оценки качества телефонного сигнала, соответствующие разным областям значений MOS

Время задержки при передаче речевого сигнала можно отнести к одному из трех уровней: - первый уровень до 200 мс – отличное качество связи. Для сравнения, в телефонной сети общего пользования допустимы задержки до 150-200 мс; - второй уровень до 400 мс – считается хорошим качеством связи. Но если сравнивать с качеством связи по сетям ТфОП, то разница будет видна. Если задержки постоянно удерживаются на верхней границе 2-го уровня (400 мс),



то не рекомендуется использовать эту связь для деловых переговоров;- третий уровень до 700 мс – считается приемлемым качеством связи для ведения деловых переговоров. Такое качество связи возможно при передаче пакетов по спутниковой связи. Суммарные задержки при использовании IP-телефонии обычно находятся в пределах 150-200 мс [3].

Анализируя данные рис.1 и приведенные выше уровни с допустимыми задержками возникает вопрос, – как и каким образом, появились эти данные. Абонентов, ведущих разговор по телефонному каналу, не интересует, какая технология используется для организации телефонного разговора. Исследования, проведенные по оценке мешающего действия токов электрического эхо на ведение телефонного разговора казали, что: 1.Отличное качество, если процент абонентов, испытывавших затруднения при разговоре не превышает 12,5%; 2. Хорошее качество, если процент абонентов, испытывавших затруднения при разговоре не превышает 25%; 3. Удовлетворительное качество, если процент абонентов, испытывавших затруднения при разговоре не превышает 50%; 4.Неудовлетворительное качество, если процент абонентов, испытывавших затруднения при разговоре превышает 50%.

На рис. 2 приведены величины суммарной задержки на R – фактор и некоторые результаты влияния токов эхо на качество связи.

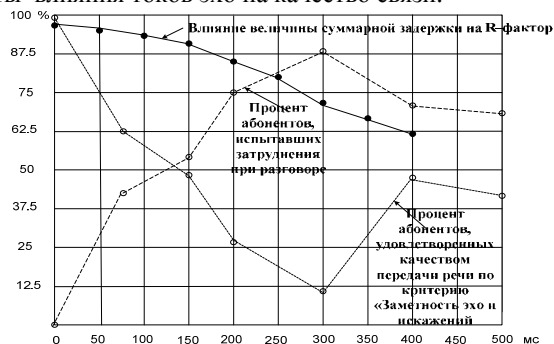


Рис.2 – Величины суммарной задержки на R – фактор и некоторые результаты влияния токов эхо на качество связи

Как видно эти результаты очень сильно отличаются. С точки зрения подавления токов эхо практически все каналы IP – Телефонии должны оборудоваться эхоподавляющими устройствами.

В целом, можно сказать, технологии, использующие пакетную коммутация для передачи телефонных разговоров ждет не самое блестящее будущее.

### Литература

1. Анализ возможности использования алгоритмов пакетной передачи речи в сетях передачи данных IP и Frame Relay [nanurov@mail.ru](mailto:nanurov@mail.ru)
2. Гольдштейн, Б.С. IP-телефония / Б.С. Гольдштейн, А.В. Пинчук, А.Л. Суховицкий– М.: Радио и связь, 2001. – 336 с.



3. Росляков, А.В. IP-телефония / А.В. Росляков, М.Ю. Самсонов, И.В. Шибаева. – М.: Эко -Трендз, 2001. – 250 с.

Д.В. Иванов, А.Ю. Серебряков

### ИДЕНТИФИКАЦИЯ FAR ПРОЦЕССОВ ПРИ НАЛИЧИИ ПОМЕХИ, ОПИСЫВАЕМОЙ УРАВНЕНИЕМ С РАЗНОСТЬЮ ДРОБНОГО ПОРЯДКА

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Модели авторегрессии находят применение в цифровой обработке сигналов, эконометрике, экологии, геофизических исследованиях, системах распознавания изображений, анализе временных рядов. При наличии аддитивной помехи в выходном сигнале МНК дает смещенные оценки параметров авторегрессии. В настоящее время активно развиваются методы нелинейного оценивания параметров динамических систем [1,2]. В [3] предложен метод нелинейных наименьших квадратов, позволяющий получать сильно состоятельные оценки параметров авторегрессии при наличии помехи в выходном сигнале, его рекуррентная модификация приведена в [4].

В последние годы для анализа временных рядов все большее распространение получают процессы длинной памяти. Длинная память, или долгосрочная зависимость – это свойство, которое описывает корреляционную структуру высокого порядка временного ряда. В случае, если ряд характеризуется длинной памятью, то зависимость существует даже между далеко отдаленными друг от друга во времени наблюдениями.

Типичными представителями таких моделей, являются FARMA (Fractional differencing Auto-regressive Moving-average) процессы.

В [5-9] рассмотрена идентификация авторегрессии с разностями дробного порядка при наличии помех наблюдения.

В работе дано обобщение результатов статьи [6] на случай идентификации FAR процесса при наличии помехи, описываемой уравнением с разностью дробного порядка.

Авторегрессия, описывается линейными стохастическими уравнениями с разностями дробного порядка:

$$\Delta^\alpha \left( z_i - \sum_{m=1}^r b_0^{(m)} z_{i-m} \right) = \zeta_i, \quad y_i = z_i + \Delta^\beta \xi_i, \quad (1)$$

где  $-1/2 < \alpha < 1/2$ ,  $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty e^{-t} t^{\alpha-1} dt$ ,

$$\Delta^\alpha z_i = \sum_{j=0}^i (-1)^j \binom{\alpha}{j} z_{i-j}, \quad \binom{\alpha}{j} = \frac{\Gamma(\alpha+1)}{\Gamma(j+1)\Gamma(\alpha-j+1)}.$$

Пусть выполнены условия:





1. Динамическая система устойчивая. Истинные параметры системы принадлежат компактному множеству  $\tilde{B}$ .

2. Помехи  $\{\xi_i\}, \{\zeta_i\}$  статистически независимые последовательности.  $\{\xi_i\}, \{\zeta_i\}$ - стационарные в совокупности в узком смысле последовательности независимых случайных векторов с  $E\{\xi_i\}=0$ ,  $E\{\zeta_i\}=0$ ,  $E\{\xi_i^2\}=\sigma_\xi^2>0$ ,  $E\{\zeta_i^2\}=\sigma_\zeta^2>0$  и для некоторых постоянных  $\pi_\xi$  и  $\pi_\zeta: |\xi_i|<\pi_\xi$  и  $|\zeta_i|<\pi_\zeta$  п.н.,

где  $E$  - оператор математического ожидания.

3.  $\{\xi_i\}$  статистически не зависит от  $\{\zeta_i\}$ .

4. Априорно известно соотношение  $\gamma=\sigma_\xi^2/\sigma_\zeta^2$ .

5. Для помехи  $\{\xi_i\}$  выполнены условия

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \left[ \sum_{i=1}^N \bar{\varphi}_\xi^{(i)} (\bar{\varphi}_\xi^{(i)})^T \right] = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} E \left[ \sum_{i=1}^N \bar{\varphi}_\xi^{(i)} (\bar{\varphi}_\xi^{(i)})^T \right] =$$

$$= \sigma_\xi^2 \begin{pmatrix} h_{\alpha+\beta} + \gamma & h_{\alpha+\beta}^T \\ h_{\alpha+\beta} & H_{\alpha+\beta} \end{pmatrix} = \sigma_\xi^2 \bar{H}_{\alpha+\beta},$$

где  $\bar{\varphi}_\xi^{(i)} = \left( \Delta^{\alpha+\beta} \xi_i + \zeta_i \mid (\varphi_\xi^{(i)})^T \right)^T$ ,

$$\varphi_\xi^{(i)} = \left( \sum_{j=0}^i (-1)^j \binom{\alpha+\beta}{j} \xi_{i-j-1}, \dots, \sum_{j=0}^i (-1)^j \binom{\alpha+\beta}{j} \xi_{i-j-r} \right)^T$$

$$H_{\alpha+\beta} = \begin{pmatrix} h_{\alpha+\beta}(0) & \dots & h_{\alpha+\beta}(r-1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ h_{\alpha+\beta}(r-1) & \dots & h_{\alpha+\beta}(0) \end{pmatrix}, \quad \tilde{h}_{\alpha+\beta} = (h_{\alpha+\beta}(1), \dots, h_{\alpha+\beta}(r)),$$

$$h_{\alpha+\beta}(m) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{j=0}^{N-1} \binom{\alpha+\beta}{j+m} \binom{\alpha+\beta}{j} \frac{N-j}{N}, \quad m=0, r,$$

причем  $\bar{H}_{\alpha+\beta}$  положительно определена.

6. Выходной сигнал  $z_i$  является случайным и удовлетворяет условию

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varphi_z^{(i)} (\varphi_z^{(i)})^T = H \text{ п.н.,}$$

$$\text{где } \varphi_z^{(i)} = \left( \sum_{j=0}^i (-1)^j \binom{\alpha}{j} z_{i-j-1}, \dots, \sum_{j=0}^i (-1)^j \binom{\alpha}{j} z_{i-j-r} \right)^T,$$

причем  $H$  существует, ограничена и положительно определена.



Необходимо оценить неизвестные коэффициенты динамической системы, описываемой уравнением (1) по наблюдениям  $y_i$  при известных порядках  $r, \alpha, \beta$ .

Представим уравнение (1) в виде линейной регрессии

$$\Delta^\alpha y_i = \varphi_i^T b_0 + \varepsilon_i, \quad (2)$$

$$\text{где } \varepsilon_i = \Delta^{\alpha+\beta} \xi_i + \zeta_i - b_0^T \varphi_\xi^{(i)}, \quad \varphi_i = \left( \sum_{j=0}^i (-1)^j \binom{\alpha}{j} y_{i-j-1}, \dots, \sum_{j=0}^i (-1)^j \binom{\alpha}{j} y_{i-j-r} \right)^T,$$

$$b_0 = (b_0^{(1)}, \dots, b_0^{(r)})^T, \quad \varphi_\xi^{(i)} = \left( \sum_{j=0}^i (-1)^j \binom{\alpha+\beta}{j} \xi_{i-j-1}, \dots, \sum_{j=0}^i (-1)^j \binom{\alpha+\beta}{j} \xi_{i-j-r} \right)^T.$$

Лемма 1. Пусть выполнены предположения 1-3, тогда  $E(\varepsilon_i) = 0$ .

Доказательство. Из предположения 2 следует, что  $E(\xi_i) = 0$ ,  $E(\zeta_i) = 0$ , тогда используя предположение 4 можно показать

$$E(\varepsilon_i) = E(\Delta^{\alpha+\beta} \xi_i - b_0^T \varphi_\xi^{(i)}) = E(\zeta_i) + \sum_{j=0}^i (-1)^j \binom{\alpha+\beta}{j} E(\xi_{i-j}) -$$

$$- \sum_{m=1}^r b_0^{(m)} \sum_{j=0}^i (-1)^j \binom{\alpha+\beta}{j} E(\xi_{i-j-m}) = 0.$$

Лемма 2. Пусть выполнены предположения 2-6, тогда дисперсия обобщенной ошибки равна

$$\sigma_\varepsilon^2 = \sigma_\xi^2 (h_{\alpha+\beta}(0) + \gamma + b_0^T H_{\alpha+\beta} b_0 - 2\tilde{h}_{\alpha+\beta} b_0) = \sigma_\xi^2 \omega(b_0),$$

Доказательство. По определению дисперсии

$$\sigma_\varepsilon^2 = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E(\varepsilon_i - E(\varepsilon_i))^2,$$

так как  $E(\varepsilon_i) = 0$ , то

$$\bar{\sigma}_\varepsilon^2 = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E(\varepsilon_i^2) = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E(\Delta^{\alpha+\beta} \xi_i + \zeta_i - b_0^T \varphi_\xi^{(i)})^2 =$$

$$= \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \Delta^{\alpha+\beta} \xi_i^2 + b_0^T \varphi_\xi^{(i)} (\varphi_\xi^{(i)})^T b_0 + \zeta_i^2 - 2\Delta^{\alpha+\beta} \xi_i b_0^T \varphi_\xi^{(i)} - 2\zeta_i b_0^T \varphi_\xi^{(i)} + 2\Delta^{\alpha+\beta} \xi_i \zeta_i \right)$$

Применяя лемму 1.1 [1, с.12] для  $\xi_i, \zeta_i$  и предположения 3-5 получим

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left( \zeta_i^2 + \Delta^{\alpha+\beta} \xi_i^2 + b_0^T \varphi_\xi^{(i)} (\varphi_\xi^{(i)})^T b_0 \right) = \sigma_\xi^2 (h_{\alpha+\beta}^{(0)} + \gamma + b_0^T H_{\alpha+\beta} b_0 - 2\tilde{h}_{\alpha+\beta} b_0).$$

Будем искать оценки  $\hat{b}(N)$  коэффициентов  $b$  из условия минимума следующего критерия:



$$\min_{b \in B} \sum_{i=1}^N \frac{(\Delta^\alpha y_i - \Phi_i^T b)^2}{h_{\alpha+\beta}^{(0)} + \gamma + b^T H_{\alpha+\beta} b - 2\tilde{h}_{\alpha+\beta} b}. \quad (3)$$

**Теорема.** Пусть некоторый случайный процесс  $\{y_i, i = \dots -1, 0, 1, \dots\}$  описывается уравнением (1) с начальными нулевыми условиями и выполняются предположения 1-6. Тогда оценка  $\hat{b}(N)$ , определяемая выражением (3) с вероятностью 1 при  $N \rightarrow \infty$ , существует, единственная и является сильно состоятельной оценкой, т.е.

$$\hat{b}(N) \xrightarrow[N \rightarrow \infty]{\text{П.Н.}} b_0.$$

### Литература

1. Кацюба О.А. Теория идентификации стохастических динамических систем в условиях неопределенности: монография. – Самара: СамГУПС, 2008. ISBN 978-5-98941-079-8.
2. Иванов Д.В. Рекуррентное оценивание параметров динамических систем. Модели с ошибками в переменных. Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH. 2011. ISBN 978-3-8473-0715-0.
3. Кацюба О.А., Жданов А.И. Идентификация методом наименьших квадратов уравнений авторегрессии с аддитивными ошибками измерений. // Автоматика и телемеханика. 1982. - №2 – с.29-32.
4. Ivanov D.V., Katsyuba O.A. Recurrent identification of autoregression in the presence of observation noises in output signal // International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON-2009). Proceedings. – Tomsk: Tomsk IEEE Chapter & Student Branch. Russia, Tomsk, March 27-28, 2009. P. 79-82.
5. Иванов Д.В. Идентификация авторегрессии нецелого порядка с помехой в выходном сигнале // Междисциплинарные исследования в области математического моделирования и информатики Материалы научно-практической internet- конференции. 18-19 июня 2013 г. . г. Ульяновск, 2013. С. 64-67.
6. Синицина Е.И., Иванов Д.В. идентификация FAR процессов при наличии помехи наблюдения // Математическое и компьютерное моделирование естественно-научных и социальных проблем IX Международная научно-техническая конференция молодых специалистов, аспирантов и студентов. Под редакцией И. В. Бойкова. 2015. С. 247-250.
7. Иванов Д.В. Оценивание параметров авторегрессии Гегенбауэра при наличии помехи наблюдения // Информационные технологии и нанотехнологии Материалы Международной конференции и молодежной школы. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева имени академика С.П. Королева (Национальный исследовательский университет)». САМАРА, 2015. С. 266-270.
8. Иванов Д.В. Численный алгоритм идентификации FAR процессов при наличии помехи наблюдения // Информационно-телекоммуникационные систе-



мы и технологии Всероссийская научно-практическая конференция. 2015. С. 239.

9. Иванов Д.В. Численный алгоритм идентификации параметров авторегрессии Гегенбауэра с помехой наблюдения // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 5-2. С. 75-79.

А.В. Ивашенко, Д.В. Купер

### МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

(Филиал ФГУП НИИР – СНИИР)

Повышение эффективности систем сбора и обработки данных в распределенных диагностических системах является одной из актуальных задач в области Интернета вещей (the Internet of things, IoT) [1 – 3]. Современные диагностические системы часто имеют распределенную архитектуру и строятся в виде сетей автономных устройств связи, способных взаимодействовать между собой в режиме реального времени. Такие сети могут изменять свою конфигурацию в ответ на события внешней среды, представлять открытые интерфейсы для подключения новых устройств и производить балансировку собственной загрузки в соответствии с возникающими потребностями.

Например, при решении задач медицинской диагностики [4] в настоящее время широко применяются автономные диагностические устройства, способные к взаимодействию в беспроводной сети связи. В отличие от медицинских мониторов, они не ограничивают свободу передвижения пациента и могут быть использованы в домашних условиях. В то же время, существует проблема их комплексного применения для одновременного отслеживания параметров и жизнедеятельности пациента в режиме реального времени и проведения персональной диагностики.

Взаимодействие автономных устройств разного типа в гетерогенной открытой информационной среде может быть описано с помощью последовательности событий подключения, обмена сообщениями, идентификации и т.п. В современной распределенной диагностической системе таких событий много (большой физический объем данных), они достаточно многообразны и требуют высокоскоростной обработки. В связи с этим, задачу управления сбором и обработкой информации в системе сбора и обработки данных с распределенной архитектуры следует отнести к проблеме BIG DATA (больших данных).

При построении программного обеспечения такой сети предлагается в соответствии с концепцией принципами мультиагентных технологий реализовать функциональность автономного посредника, которая включает возможности балансировки загрузки в соответствии с интенсивностью потока текущих задач устройства.



Распределенная архитектура современной интегрированной информационной среды с учетом концепции Интернета вещей и требований интероперабельности часто представляется в виде сети или графа, узлами которого являются программные или аппаратно-программные компоненты, способные взаимодействовать между собой путем обмена информацией в виде сообщений и обладающие автономным поведением. Для моделирования такой архитектуры используются предлагаются P2P (peer-to-peer, равный с равным) модели взаимодействия [5, 6]. Среди ключевых свойств P2P сетей отмечается децентрализация (т.е. отсутствие единственного контролирующего органа управления), взаимодействие ресурсов и автономность. P2P сеть формируется и изменяется динамически, она может перестраиваться, сохраняя при этом свои способности по передаче информации в режиме реального времени.

Технологии программирования, позволяющие реализовать управление передачей информации в P2P сети, должны реализовывать принципы сетецентрического управления. Этому требованию соответствуют мультиагентные технологии [7, 8]. С одной стороны, эти технологии позволяют реализовать взаимодействие в открытой среде по аналогии с природными механизмами самоорганизации, но с другой стороны, требуют дополнительных усилий по обеспечению упомянутых выше требований надежности и высокой производительности.

Для решения этих вопросов предлагается дополнить мультиагентную архитектуру программного обеспечения пиринговой сети, реализовав функциональность посреднической деятельности по передаче информации. Для этого необходимо построить программную архитектуру распределенной сети сбора и обработки данных, реализующую автономную посредническую деятельность диагностических устройств. В рамках такого подхода предлагается повысить автономность каждого датчика за счет реализации специализированного программного обеспечения, функциональность которого включает предобработку информации на стороне датчика и реализацию P2P взаимодействия между датчиками в процессе передачи данных. В ходе такого взаимодействия устройства сбора информации реализуют не только свое непосредственное назначение, но и участвуют в передаче информации между сторонними устройствами.

Одно из основных отличий предлагаемой архитектуры заключается в реализации предварительной обработки данных посредством вычислительных возможностей интеллектуальных датчиков. Предлагаемая архитектура позволяет наделить систему сбора и обработки данных функционалом, который определяет возможность начального диагностического анализа на уровне данной системы в реальном масштабе времени.

Преимущества предлагаемого решения включают адаптивность за счет перераспределения соединений узлов сети связи в зависимости от текущей нагрузки, интероперабельность, так как сеть связи конфигурируется и развивается по принципам самоорганизации и новые узлы могут самостоятельно входить в сеть и устойчиво к сбоям: при выходе элемента сети остальные узлы выстраивают новые связи.



## Литература

1. Сарьян, В.К. Прошлое, настоящее и будущее стандартизации Интернета вещей / В.К. Сарьян, Н.А. Сущенко, И.А. Дубнов, Ю.А. Дубнов, С.В. Сахно, А.С. Лутохин // Труды НИИР. – 2014. – № 1. – с. 2 – 7
2. Jara, A.J. Determining human dynamics through the Internet of Things / A.J. Jara, Y. Bocchi, D. Genoud // Proceedings of the 2013 IEEE/WIC/ACM International Conferences on Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technology (IAT), Atlanta, Georgia, USA, 2013. – pp. 109 – 113
3. Орлов А. Ю., Иващенко А. В. Организация виртуального сообщества в сети Интернет // Информационные технологии №8, 2008 с. 15 – 19
4. Ivaschenko A., Minaev A. Multi-agent solution for a self mediator sensor network // Proceedings of the European Simulation and Modeling Conference 2014 (ESM 2014), FEUP, Porto, Portugal, EUROSIS-ETI. – pp. 209 – 212
5. Ivaschenko, A. Auction model of P2P interaction in multi-agent software / A. Ivaschenko, A. Lednev // Proceedings of the 5th International Conference on Agents and Artificial Intelligence ICAART 2013, Barcelona, Spain. – Volume 1. – p. 431 – 434
6. Иващенко А.В. Интервально-корреляционный анализ ритмичности взаимодействия в интегрированной информационной среде предприятия / Системы управления и информационные технологии, 2010, № 1(39) – с. 32 – 36
7. Городецкий, В.И. Самоорганизация и многоагентные системы. I. Модели многоагентной самоорганизации // Известия РАН. Теория и системы управления. – 2012. – № 2. – с. 92 – 120
8. Ivaschenko A.V., Syusin I.A., Yumashev V.L. Passenger transportation theory based on a multi-agent approach with time based reasoning // American Journal of Control Systems and Information Technology, Vol. 2. – Yelm, WA, USA: Science Book Publishing House, 2013. – pp. 3 – 6

Э.А. Кильметов, А.И. Заико

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОСТОВЫХ СЕНСОРНЫХ МОДУЛЕЙ НА БАЗЕ AMR-ЭФЕКТА

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

## Введение

Магниторезистивные модули на основе AMR эффекта используются для решения различных задач магнитометрии: определения курса объекта по магнитному полю Земли, измерения бесконтактным способом угла поворота и линейного перемещения объекта, скорости объекта, распознавания образа ферромагнитных объектов и работы в составе датчиков тока с гальванической развязкой. Для решения приведенных задач необходимо учитывать не только статические параметры, но и динамические характеристики модуля [2,4].



Динамические характеристики модулей на основе AMR-эффекта не достаточно изучены и является предметом данной статьи.

### Анализ экспериментальных данных и синтез динамических характеристик

Все экспериментальные методы базируются на предположениях о сосредоточенности параметров объекта, стационарности во времени его динамических свойств и линейности их при малых изменениях. Практикой исследования динамики установлено, что большинстве случаев экспериментальные функции удовлетворительно аппроксимируются решениями обыкновенных дифференциальных уравнений невысокого порядка и звеном чистого запаздывания [1].

Таким образом, зная входное воздействие и выходную зависимость, возможно, получить переходную характеристику системы. На вход датчика подается ступенчатая функция  $x(t)$ , выходная зависимость  $h(t)$ , будет представлять из себя решение дифференциального уравнения с простыми вещественными корнями [2]:

$$h(t) \approx c_0 - \sum_{i=1}^n c_i e^{-a_i t},$$

где  $c_0 = h_{\infty} \approx h(T_y)$ ,  $c_i$  и  $a_i$  – вещественные числа, причем корни характеристического уравнения  $a_i$  должны удовлетворять эмпирическому неравенству [1]:

$$\frac{a_i}{a_{i+1}} \leq 0,5 + 0,7; i = 1, 2, \dots, n-1$$

Для получения передаточной характеристики датчика магнитного поля используем ступенчатое воздействие. К датчику прикладывается внешнее постоянное магнитное поле заданной величины. Подается импульс подмагничивания который выстраивает все домены в одном направлении, что эквивалентно переводу датчика в нулевое состояние. После импульса подмагничивания снимаем осциллограммы выходного сигнала Рис. 1, домены постепенно начинают ориентироваться по направлению внешнего магнитного поля до преимущественной направленности в направлении внешнего поля.

Длительность импульса подмагничивания составляет 2 мкс и пренебрежимо мала по сравнению с длительностью переходного процесса 20мс. Поэтому её влияние в расчетах переходной функции можно не учитывать. Для определения передаточной функции используется метод последовательного приближения. Необходимо решить уравнение второго порядка

$$h(t) = c_0 - c_1 e^{-a_1 t} + c_2 e^{-a_2 t}.$$

Исследования показали, что звено второго порядка адекватно описывает характеристику датчика, повышение порядка не приводит к выявлению новых свойств.

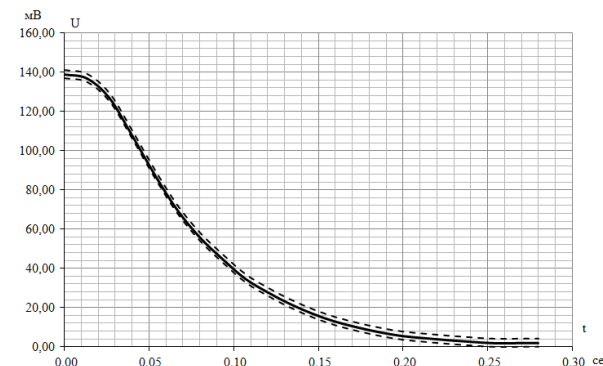


Рис. 1. Осциллограмма выходного сигнала датчика после подачи импульса подмагничивания с разбросом возможных значений

На рисунке 1 представлена осциллограмма выходного сигнала датчика после подачи импульса подмагничивания, с учетом погрешности ее измерения 2% обозначенной пунктиром.

После аппроксимации экспериментальной зависимости получаем дифференциальное уравнение:

$$h(t) = 139 + 93,76e^{-55t} - 232,76e^{-18t} \text{ мВ/мкТл,}$$

Представим полученное выражение на графике Рис. 2.

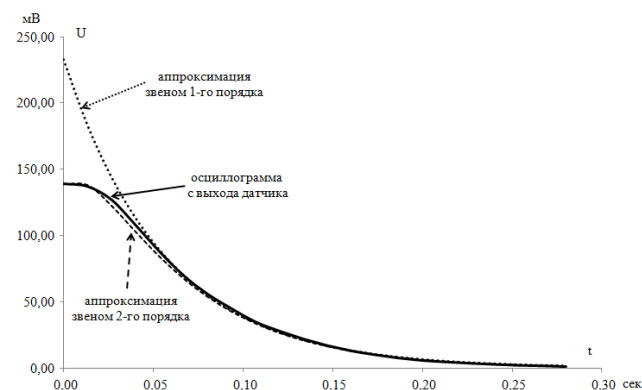


Рис. 2. Передаточная характеристика опытная и аналитическая

Относительная погрешность аналитического уравнения составила 3%.



### Амплитудно-частотный анализ, полученной модели

Из дифференциального уравнения получаем передаточную функцию в операторной форме:

$$W(p) = \frac{139}{(1 + 0,055p)(1 + 0,018p)} \text{ мВ/мкТл}$$

Для оценки динамической характеристики на вход системы подается синусоидальный сигнал, и оцениваются параметры [1]. Произведя расчеты, установили, что выходная зависимость будет иметь вид:

$$Y(t) = \frac{139}{\sqrt{(1 - 0,00099\omega^2)^2 + (0,073\omega)^2}} \cdot 300 \cdot \sin \left[ \omega t - \arctg \frac{0,073\omega}{(1 - 0,00099\omega^2)} \right] \text{ мВ,}$$

Зная выходную зависимость, построим АЧХ (рис.3) и годограф (рис.4).

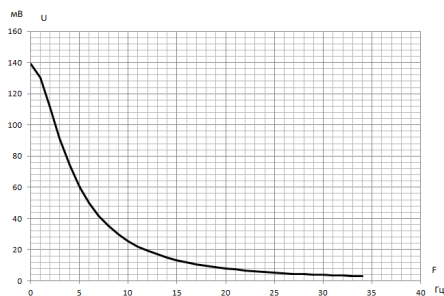


Рис. 3. АЧХ АМР-датчика

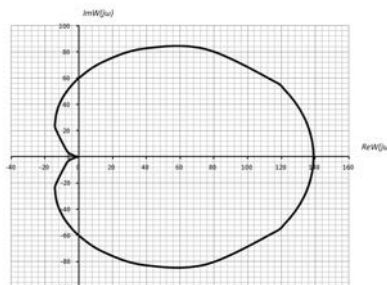


Рис. 4. Годограф АМР-датчик

Проанализировав выходную зависимость получаем максимальную частоту входного сигнала равную 20Гц.

### Вывод

Таким образом, разработанный датчик с примененным в нем способом повышения чувствительности [5] имеет характеристики, рассмотренные в статье. Это позволяет использовать его для измерения изменяющихся во времени магнитных молей в таких системах, как измерение угла поворота, распознавание образа ферромагнитных объектов. Полученные зависимости позволяют прогнозировать отклик датчика на основе АМР-эффекта при изменяющихся входных воздействий.

Полученные экспериментальные данные по сравнению с аналитическими имеют 3% расхождения, что подтверждает их достоверность.



### Литература

1. Балакирев В.С. Экспериментальное определение динамических характеристик промышленных объектов управления. -М.: «Энергия», 1967. -230 с.
2. Теория систем. Стохастические модели: Учеб. пособие А. И. Заико. - М.: Изд-во МАИ, 2005.-196 с.
3. Котенко Г. И. Магниторезисторы. М.: Энергия, 1972. -80 с.
4. Воробьев А.В. Иванова Г.А. Кильметов Э.А. Исследование, моделирование и расчет мостовых сенсорных модулей, построенных на базе АМР-эффекта. Вестник УГАТУ. - № 4(57), Т. 17, - Уфа: УГАТУ, 2013. С. 144-151.
5. Патент на способ РФ №2553740. Способ повышения показателя чувствительности магниторезистивных датчиков Воробьев А. В. (RU), Заико А. И. (RU), Кильметов Э. А. (RU). - 2014111530/28; заявлено 25.03.2014; опубл. 20.06.2015, Бюл. 17.

К.Е. Климентьев

### ВЛИЯНИЕ ДИНАМИКИ СЛУЧАЙНЫХ ГРАФОВ «ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО» ВИДА НА РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭПИДЕМИЙ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

**Введение.** На кафедре ИСТ СГАУ силами преподавателей и студентов продолжается разработка инструментальной среды, предназначенной для моделирования распространения саморазмножающихся агентов, таких как компьютерных черви, биологические инфекции, лесные пожары и т.п. На текущем этапе интерес представляет множество графовых моделей среды распространения «эпидемий», которые могут быть реализованы в системе.

**Постановка задачи.** Моделями пространства, в котором развиваются эпидемии мобильных червей (т.е. вредоносных программ, распространяющихся между подвижными устройствами при помощи «близкодействующих» интерфейсов типа Bluetooth или WiFi), обычно являются случайные графы типа Эрдеша-Реньи и так называемые «геометрические» графы. В работе [2] статистические свойства этих графов исследованы с точки зрения практической реализуемости в системе моделирования. В работе [3] показано, что развитие эпидемий SIR-типа в сетях этих двух видов существенно различается (см. рис. 1), но вопрос об адекватности той или иной модели остается открытым.

Вместе с тем, и та и другая модели игнорируют один важный фактор, влияющий на распространение реальных эпидемий, а именно – непостоянство топологии графа. Действительно, в реальности носители мобильных устройств (телефонов, планшетов и т.п.) постоянно перемещаются относительно друг друга, теряя и устанавливая новые связи. Представляется, что адекватной моде-



люю пространства, в котором имеют место такие случайные блуждания, будут служить «динамические» графы [5]. Аналитические модели случайных блужданий на графах некоторых типов рассмотрены в [4], однако «геометрические» графы среди них отсутствуют.

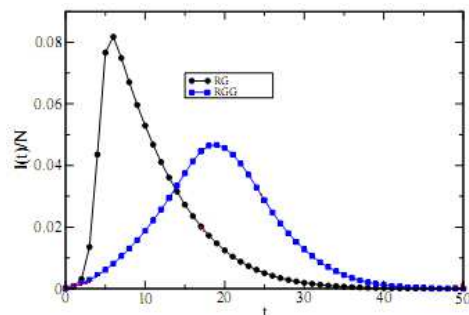


Рис. 1. Распространение SIR-эпидемий на случайных графах «геометрического» вида (RGG) и Эрдеша-Реньи (RG) (по М. Nekovee [3]).

Данная работа посвящена исследованию влияния «динамики» графов на протекание эпидемий в «геометрических» графах.

**Анализ условий эксперимента.** Исторически, на практике встречались, по крайней мере, три типа эпидемий компьютерных червей на мобильных устройствах [1].

1. Распространение червя на трибунах стадиона во время чемпионата мира легкой атлетике в Финляндии. В этом случае взаимное расположение узлов сети оставалось практически постоянным, топология графа не менялась.
2. Распространение червя с витрины магазина сотовых телефонов в Санта-Монике (США). В этом случае небольшая группа инфицированных узлов оставалась неподвижной, но в радиус ее действия периодически попадали другие узлы.
3. Наконец, эпидемии червей в метро Москвы, Киева и Харькова. В этих случаях инфицированные и неинфицированные узлы постоянно перемещались относительно друг друга.

Разумеется, возможны и другие виды динамики графов, лежащих в основе сетевых моделей пространства.

**Эксперименты и результаты.** Представляется, что все множество всевозможных вариантов поведения динамических графов лежит между двумя крайними сценариями.

1. Граф статичен, узлы неподвижны. Этот сценарий хорошо исследован [3], однако, рассмотрение обычно ограничивается лишь эпидемиями SIS- и SIR-типа. С целью расширения знаний о протекании эпидемий в рамках настоящей работы выполнены имитационные эксперименты для различных  $0 \leq R \leq \sqrt{2}$  на «геометрических» графах с  $K=200$  узлами. Ос-



новные выводы: скорость распространения агента и «острота» эпидемии прямо пропорциональны «плотности» сети, то есть средней степени узлов графа  $\bar{k}$ , которая, в свою очередь, пропорциональна «радиусу действия»  $R$  (см. рис. 2). Кроме того, чем «острее» протекает эпидемия (т.е. чем больший процент агентов оказывается инфицирован), тем быстрее эта эпидемия заканчивается.

2. Подвижность узлов графа максимальна, то есть, считается, что на каждом шаге моделирования каждый узел сети, сохраняя свое состояние (инфицированность, уязвимость, «возраст» и т.п.), перемещается в случайном направлении на случайное расстояние. Фактически, для графов «геометрического» типа это означает, что граф не подвергается последовательной трансформации, а мгновенно меняет свою «геометрию» случайным образом. Основные выводы: выяснилось, что в этом случае при любых  $R$  протекание эпидемии полностью идентично случаю статичного графа с  $R = \sqrt{2}$ , что соответствует «полному» графу типа «каждый с каждым» (кривые «F» на рис. 2). То есть, обширность эпидемии зависит, в первую очередь, от подвижности инфицированных агентов, а не от «радиуса заражения».

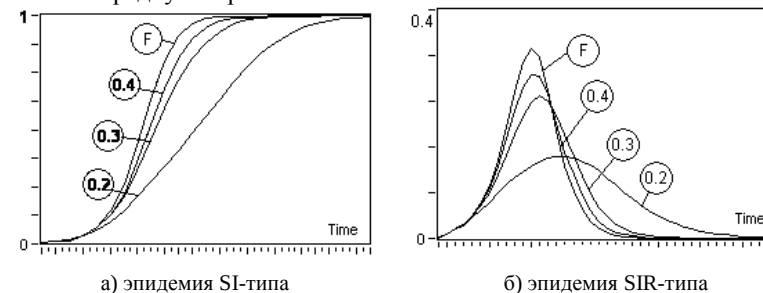


Рис. 2. Зависимость развития эпидемий от «радиуса действия»  $R$  на «геометрическом графе», по вертикали – доля инфицированных узлов.

Во всех случаях предполагалась «тороидальная» метрика пространства узлов «геометрического» графа [2]. Все эксперименты выполнялись на  $N=100$  прогонах с доверительной вероятностью  $P_{\text{дов}}=0.95$ , относительная ошибка результата не превысила  $\epsilon_0=0.08$ .

Промежуточные сценарии поведения эпидемий нуждаются в отдельных исследованиях.

### Литература

1. Климентьев К.Е. Компьютерные вирусы и антивирусы: взгляд программиста. – М.: ДМК-Пресс, 2013. – 656 с.
2. Климентьев К.Е. Случайные графы как модель среды распространения и взаимодействия саморазмножающихся объектов // В сб.: «Известия Самарского научного центра РАН», Том 17, №2(5). – Самара, изд-во СНЦ РАН, 2015. – С. 1021-1025.





3. Nekovee M. Worm Epidemic in Wireless Ad-hoc Networks // New Journal of Physics, vol. 9, 2007. – Pp. 189-200.

4. Draief M., Ganesh A. A random walk model for infection on graphs: spread of epidemics & rumours with mobile agents, - VALUETOOLS'09: Proc. of Fourth Intl. ICST Conf. On Performance Evaluation Methodologies and Tools, Art. 34. – Brussels, Belgium, 2009.

5. Кочкаров А.А., Сенникова Л.И. Метрические характеристики динамических графов и их применение // В журнале «Новые информационные технологии в автоматизированных системах», вып. 18, 2015.

А.П. Котенко<sup>1,2</sup>, Д.А. Пшенина<sup>2</sup>, С.Д. Туровец<sup>2</sup>

#### ПОЛУЧЕНИЕ СТАНДАРТИЗОВАННЫХ ЗНАЧЕНИЙ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОДУКЦИИ ПРИ СТОХАСТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРАХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА

(<sup>1</sup>Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, <sup>2</sup>Самарский государственный технический университет)

Многие производственные процессы характеризуются неустойчивыми колебаниями параметров сырья и технологических процессов. В большинстве случаев невозможно отследить такие флуктуации и отреагировать необходимым образом. Поэтому на выходе отслеживаются лишь усреднённые статистические характеристики готовой продукции. Если они попадают в допустимые стандартами пределы, считается, что технология отлажена. Кроме того, ряд таких целевых показателей меняются противоположно друг другу: улучшение одной характеристики влечёт ухудшение другой и наоборот. В этом случае управляющие воздействия требуют тонкой отладки и минимальных лагов запаздывания.

Подобные технологии обычны, например, для нефтепереработки, когда сырьё поступает с разных месторождений нефти и имеет значительный разброс и нестабильность характеристик [2]. Выходные (результатирующие, целевые) параметров продукции можно исследовать статистически, однако идентификация параметров соответствующих линейных либо нелинейных регрессионных уравнений не позволяет узнать, как подобрать управляющие технологические факторы для гарантированного попадания конфликтующих целевых критериев в заданную стандартами область?

В этой ситуации предложим следующую математическую модель задачи [1]. Идентифицируем параметры (структурные коэффициенты) системы  $AY=BX$  линейных (линеаризованных) взаимозависимых регрессионных уравнений (структурная форма модели – СФМ):



$$\begin{cases} y_1 = a_{12}y_2 + a_{13}y_3 + a_{14}y_4 + \dots + a_{1,k-1}y_{k-1} + a_{1k}y_k + b_{11}x_1 + b_{12}x_2 + \dots + b_{1n}x_n + \varepsilon_1, \\ y_2 = a_{21}y_1 + a_{23}y_3 + a_{24}y_4 + \dots + a_{2,k-1}y_{k-1} + a_{2k}y_k + b_{21}x_1 + b_{22}x_2 + \dots + b_{2n}x_n + \varepsilon_2, \\ y_3 = a_{31}y_1 + a_{32}y_2 + a_{34}y_4 + \dots + a_{3,k-1}y_{k-1} + a_{3k}y_k + b_{31}x_1 + b_{32}x_2 + \dots + b_{3n}x_n + \varepsilon_3, \\ \dots \\ y_k = a_{k1}y_1 + a_{k2}y_2 + a_{k3}y_3 + \dots + a_{k,k-1}y_{k-1} + a_{kk}y_k + b_{k1}x_1 + b_{k2}x_2 + \dots + b_{kn}x_n + \varepsilon_k. \end{cases}$$

Здесь предполагается, что от исходного (натурального) масштаба показателей совершён переход к стандартизованному масштабу, что объясняет отсутствие свободных членов регрессионных уравнений.

Практически всегда применение метода наименьших квадратов (МНК) к отдельным уравнениям системы СФМ даёт несостоятельные точечные оценки структурных коэффициентов по заданной выборке. Применим поэтому косвенный МНК (КМНК): выразим структурные коэффициенты через коэффициенты приведённой формы модели (ПФМ)

$$\begin{cases} y_1 = \delta_{11}x_1 + \delta_{12}x_2 + \dots + \delta_{1n}x_n + \omega_1, \\ y_2 = \delta_{21}x_1 + \delta_{22}x_2 + \dots + \delta_{2n}x_n + \omega_2, \\ \dots \\ y_k = \delta_{k1}x_1 + \delta_{k2}x_2 + \dots + \delta_{kn}x_n + \omega_k. \end{cases}$$

Выборочные приведённые коэффициенты находятся с помощью МНК и при обычных предположениях дают состоятельные точечные оценки соответствующих приведённых коэффициентов генеральной совокупности.

Таким образом, задача сводится к идентификации выборочных структурных коэффициентов СФМ по приведённым.

Подстановка идентифицированных приведённых регрессий в структурные уравнения позволяет приравнять коэффициенты при независимых (экзогенных) переменных и получить необходимую систему линейных неоднородных алгебраических уравнений (СЛАУ). Данная СЛАУ имеет общий вид, так как число уравнений и число неизвестных для каждого уравнения СФМ в общем случае произвольны (а также могут меняться от одного уравнения к другому). Возможные следующие случаи [1]:

- *точная идентифицируемость* – структурные коэффициенты определяются по приведённым алгебраически однозначно,
- *неидентифицируемость* – существует бесконечное количество алгебраических решений (т.е. статистически равноценных),
- *сверхидентифицируемость* – противоречивая алгебраическая система имеет единственное наилучшее в смысле МНК решение (статистически однозначное).

Специальным подбором нулевых структурных коэффициентов можно добиться точной идентифицируемости всех уравнений СФМ.

Результатом идентификации структурных коэффициентов является система линейных уравнений  $AY=BX$ , связывающих вектор  $X$  управляющих (экзогенных) регрессоров с вектором  $Y$  результирующих (эндогенных) параметров продукции.



Тогда оптимальное управление  $X^*$  даёт формула  $X^* = B^{-1}AY^*$ , где  $Y^*$  – заданный (оптимальный) набор характеристик продукции.

Подстановка предельно допустимых стандартами значений вектора  $Y$  позволяет найти допустимые отклонения управляющих воздействий  $X$ . [2]

### Литература

1. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Геометрия систем линейных регрессионных уравнений / Известия СНИЦ РАН, т.15, №6(3), Самара, – 2013. С. 820-823.
2. Котенко А.П., Кузнецова О.А. Применение методов многомерного регрессионного анализа для оптимизации производства битума стандартизованных характеристик / Современные информационные технологии и ИТ-образование. Сборник научных трудов 10-й Юбилейной международной научно-практической конф. – М.: МГУ, 2015. – С. 356-359.

А.П. Котенко<sup>1,2</sup>, М.С. Щербаков<sup>2</sup>

### СВЕДЕНИЕ ЗАДАЧИ О ЧИСЛЕ КЛАСТЕРОВ К ВЫЧИСЛЕНИЮ КРАТЧАЙШИХ РАССТОЯНИЙ НА ГРАФЕ

(<sup>1</sup>Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, <sup>2</sup>Самарский государственный технический университет)

Ряд прикладных задач требует разбиения заданного множества объектов на подмножества (кластеры), объединяющие объекты по тому или иному признаку сходства. Например, к ним относятся задачи размещения минимального числа обслуживающих узлов в вершинах графа: градостроительное регулирование, распределённые системы массового обслуживания и др. Эффективность найденного решения в значительной степени определяется числом полученных кластеров.

В случае парного сравнения объектов можно представить их вершинами графа с рёбрами, помеченными мерой сходства-различия вершин.

При симметричности меры отношения парного сходства вершин получим неориентированный граф.

Рассмотрим задачу разбиения множества вершин  $v_i \in V$ ,  $i \in \overline{1, n}$ ,  $n := |V| < \infty$ , неориентированного графа  $G(V, R)$  без петель с рёбрами  $r_i \in R$ ,  $i \in \overline{1, m}$ ,  $m := |R| < \infty$ , веса  $|r_i| \geq 0$  на кластеры  $U_i \subset V$ ,  $i \in \overline{1, k}$ ,  $k < \infty$ , минимизирующие расстояния  $\rho(v, u_i)$  до вершин графа  $G$ , размещённых в центрах кластеров  $u_i \sim U_i$ ,  $u_i \in V$ . [1]

Пусть кластеры могут пересекаться, но не вложены друг в друга. Такой набор кластеров  $\{U_i : i \in \overline{1, k}\}$  покрывает множество вершин  $V$ , не являясь его разбиением. Поэтому число кластеров  $k$  может оказаться как не меньше, так и не больше числа вершин  $n$ .



Метрику  $\rho(v_i, v_j)$  между вершинами  $v_i, v_j \in V$  (быть может, с потерей аксиомы отделимости) определим минимумом сумм весов рёбер пути, соединяющего вершины.

Отметим, что наличие аксиомы отделимости эквивалентно отсутствию рёбер нулевого веса.

Очевидно, вершина  $u_i \in V$ , определяющая центр  $u_i \sim U_i$  заданного кластера  $U_i$ , существует (возможно, не единственная) и принадлежит этому кластеру:  $u_i \in U_i$ .

Предложенный признак принадлежности кластерам на компонентах связности графа  $G$  будет согласован с заданной метрикой  $(\rho, V)$ . Таким образом, выбор метрики на вершинах графа эквивалентен выбору той или иной кластеризации множества его вершин. Изменяя требования о наиболее эффективном числе кластеров, получаем набор ограничений на свойства согласованных метрик, определяющих числовые характеристики отношения сходства-различия вершин графа.

Это позволяет выявить ограничения на количественные описания качественных признаков объектов, соответствующих вершинам.

Сформулируем обратную задачу: присвоить рёбрам  $r \in R$  неориентированного конечного графа  $G(V, R)$  с заданным набором кластеров числовые неотрицательные веса  $|r| \geq 0$ , порождающие согласованную метрику  $(\rho, V)$ . Её тривиальное решение: присвоить нулевые веса рёбрам  $r := (v_i, v_j) \in R$ , лежащим внутри одного кластера  $v_i, v_j \in U_k$ , и единичные веса – остальным рёбрам.

Тривиальное решение порождает метрику  $(\rho, V)$  без аксиомы отделимости (если хотя бы один кластер содержит более одной вершины), в которой исходные кластеры состоят из вершин, разделённых нулевыми расстояниями, а расстояние от каждой вершины до любой вершины чужого кластера больше нуля.

Возможно нетривиальное решение обратной задачи с согласованной метрикой  $(\rho, V)$ , удовлетворяющей аксиоме отделимости: достаточно приписать рёбрам, лежащим внутри одного кластера, достаточно малые положительные, а остальным рёбрам – достаточно большие веса.

Точные границы, разделяющие веса этих двух типов, имеют конструктивное, хотя достаточно громоздкое описание.

Сделаем вывод: кластерное представление множества вершин конечного графа эквивалентно подбору неотрицательных весов рёбер, порождающих согласованную метрику  $(\rho, V)$ . Построить согласованную метрику можно, к примеру, с помощью матричного алгоритма [2].

Предложенный алгоритм обобщается на случай несимметричной меры отношения сходства-различия объектов, расположенных в вершинах графа, переходом к орграфу с парами антиколлинеарных дуг, замещающих рёбра исходного графа. В таком случае, получаются не только различные кластеры, но и их число, если строить кластеры для расстояний, определённых по одной дуге антиколлинеарной пары.



Матричный алгоритм определения кратчайших расстояний на орграфе [2] работает и в этом случае.

Возможна также модификация алгоритма [1] для решения задачи кластеризации множества рёбер неориентированного графа (дуг орграфа), вершины которого взвешены числовой характеристикой того или иного признака.

### Литература

1. Kotenko A., Bukarenko M. Labeled graphs' vertices and edges sets clustering / Groups and Graphs, Algorithms and Automata, 2015: Abstracts of the International Conference and PhD Summer School. – Yekaterinburg: UrFU Publishing house, 2015. – P. 41.
2. Котенко А.П. Матричный алгоритм Беллмана–Мура // Управление организационно-экономическими системами. Вып. 10. – Самара: Изд-во СГАУ, 2013. – С. 33-37.

Э.В. Куратник, Д.В. Иванов

### ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ARX СИСТЕМ КЛАССА ВИНЕРА ПРИ НАЛИЧИИ ПОМЕХИ ВО ВХОДНОМ СИГНАЛЕ

(Самарский государственный университет путей сообщения)

При идентификации динамических систем наибольшее распространение получили линейные модели динамических. Линейные модели просты в описании и часто обеспечивают адекватную точность представления динамической системы. Однако существует огромное число систем, описываемых нелинейными уравнениями. В общем случае задача идентификации динамических систем не имеет решения и возможно говорить лишь об идентификации некоторых классов нелинейных систем таких как системы класса Гаммерштейна, Винера, Вольтерра, билинейные системы и т.д.

Идентификация даже отдельных классов нелинейных систем при наличии помех, по сравнению с линейными системами, является более сложной задачей.

Идентификации динамических систем класса Гаммерштейна посвящено большое количество статей, в том числе при наличии помех наблюдений в выходном сигнале [1,2], в [3] приведено обобщение на случай системы класса Гаммерштейна, описываемой уравнениями с разностями дробного порядка.

Идентификации билинейных динамических систем при наличии помех наблюдения посвящены работы [4-6]. В данной статье предложен критерий, позволяющий получать сильно состоятельные оценки параметров систем класса Винера при наличии помехи во входном сигнале.

Динамическая система описывается дискретными стохастическими уравнениями:



$$z_i = \sum_{m=1}^r b_0^{(m)} z_{i-m} + \sum_{m=0}^{r_1} a_0^{(m)} x_{i-m} + \zeta_i, \quad y_i = f(z_i), \quad w_i = x_i + \xi_i, \quad (1)$$

где  $f(\bullet)$  - нелинейная обратимая боровская функция.

Пусть выполнены условия:

1. Динамическая система устойчивая. Истинные параметры системы принадлежат компактному множеству  $\tilde{B}$ .

2. Случайные процессы  $\{\xi_i\}, \{\zeta_i\}$  удовлетворяют следующим условиям:

$$E(\xi_i / F_i^{(\xi)}) = 0, \quad E(\zeta_i / F_i^{(\zeta)}) = 0 \text{ п.н.};$$

$$E(\xi_i^2 / F_i^{(\xi)}) < \infty, \quad E(\zeta_i^2 / F_i^{(\zeta)}) < \infty \text{ п.н.};$$

$$E(\xi_i^2) < \infty, \quad E(\zeta_i^2) < \infty, \quad E(\xi_i^4) < \infty, \quad E(\zeta_i^4) < \infty \text{ п.н.};$$

где  $F_i^{(\xi)}, F_i^{(\zeta)}$  -  $\sigma$ -алгебры, индуцированные семействами случайных величин  $\{\xi_t, \zeta_t, t \in T_i\}, T_i = \{t; t \leq i, t \in Z_c\}$  - множество целых чисел,  $E$  - оператор математического ожидания.

3.  $\{\xi_i\}$  статистически не зависит от  $\{\zeta_i\}$ .

4.  $\{x_i\}$  статистически не зависит от  $\{\xi_i\}, \{\zeta_i\}$ .

5. Априорно известно соотношение  $\gamma = \sigma_\xi^2 / \sigma_\zeta^2$ .

6. Входной сигнал  $\{x_i\}$  является случайным и удовлетворяет условию

$$\lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varphi_x^{(i)} (\varphi_x^{(i)})^T = H_{xx} \text{ п.н.},$$

где  $\varphi_x^{(i)} = (x_i, \dots, x_{i-r_1})^T$ , причем  $H_{xx}$  существует, ограничена и положительно определена.

Необходимо оценить неизвестные коэффициенты динамической системы, описываемой уравнением (1) по наблюдениям  $y_i, w_i$  при известных порядках  $r, r_1$ .

Представим уравнение (1) в виде линейной регрессии

$$f^{-1}(y_i) = \varphi_i^T \theta_0 + \varepsilon_i, \quad (2)$$

где  $\varepsilon_i = \xi_i - a_0^T \varphi_\xi^{(i)}, \quad \varphi_i = (f^{-1}(y_{i-1}) \quad \dots \quad f^{-1}(y_{i-r}) \mid w_i \quad \dots \quad w_{i-r_1})^T,$

$$\theta_0 = (b_0^{(1)} \quad \dots \quad b_0^{(r)} \mid a_0^{(1)} \quad \dots \quad a_0^{(r_1)})^T, \quad \varphi_\xi^{(i)} = (\xi_i, \dots, \xi_{i-r_1})^T.$$

Из предположения 2 следует, что обобщенная ошибка  $\varepsilon(b_0, i)$  имеет нулевое среднее значение, а из предположения 3 и леммы 1.1 [7] что её локальная дисперсия с вероятностью 1 будет равна:

$$\sigma_\varepsilon^2 = \lim_{N \rightarrow \infty} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \varepsilon^2(b_0, i) = \sigma_\zeta^2 + \sigma_\xi^2 a_0^T a = \sigma_\xi^2 (\gamma + a_0^T a) = \sigma_\xi^2 \omega(b_0).$$



Определим оценку  $\hat{\theta}$  неизвестных значений параметров  $\theta_0$  из условия минимума суммы взвешенных квадратных отклонений  $\varepsilon(a, i)$  с весом  $\omega(a)$ , т.е. из:

$$\min_{b \in B} \sum_{i=1}^N \frac{(f^{-1}(y_i) - \phi_i^T b)^2}{\gamma + a^T a}. \quad (3)$$

**Теорема.** Пусть некоторый случайный процесс  $\{y_i, i = \dots -1, 0, 1, \dots\}$  описывается уравнением (1) с начальными нулевыми условиями и выполняются предположения 1-6. Тогда оценка  $\hat{b}(N)$ , определяемая выражением (3) с вероятностью 1 при  $N \rightarrow \infty$ , существует, единственная и является сильно состоятельной оценкой, т.е.

$$\hat{\theta}(N) \xrightarrow[N \rightarrow \infty]{\text{п.н.}} \theta_0.$$

### Литература

1. Авсиевич А.В., Иванов Д.В. Рекуррентное оценивание параметров нелинейных динамических объектов класса Гаммерштейна с помехой на выходе // Информационные системы и технологии. 2010. № 5 (60). С. 43-50.
2. Иванов Д.В., Усков О.В. Рекуррентное оценивание параметров динамических систем класса Гаммерштейна с локально автокоррелированной помехой в выходном сигнале // Вестник транспорта Поволжья. 2011. № 6. С. 53-59.
3. Ivanov D.V. Identification discrete fractional order Hammerstein systems // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 - Proceedings 2015. (DOI: [10.1109/SIBCON.2015.7147074](https://doi.org/10.1109/SIBCON.2015.7147074)).
4. Иванов Д.В., Усков О.В. Рекуррентное оценивание билинейных динамических систем с помехами наблюдения во входном и выходном сигналах // Известия ЮФУ. Технические науки. 2012. № 6 (131). С. 187-192.
5. Иванов Д.В., Усков О.В. Рекуррентная идентификация билинейных аг-систем с помехой наблюдения в выходном сигнале // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2012. № 2. С. 96-105.
6. Иванов Д.В., Кацюба О.А., Усков О.В. Идентификация билинейных динамических систем с помехой в выходном сигнале // Информационные технологии и вычислительные системы. 2015. № 3. С. 81-91.
7. Кацюба О.А. Теория идентификации стохастических динамических систем в условиях неопределенности: монография. – Самара: СамГУПС, 2008.



Кульга К. С., Половинкин А. В.

### ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САПР ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

**Актуальность проблемы.** Детали и сборочные единицы (ДСЕ) авиационных двигателей характеризуются сложностью и разнообразием конструкций, что приводит к необходимости разработки значительного количества станочных приспособлений (СП). К конструкции СП предъявляются высокие требования по точности изготовления и качеству базовых поверхностей.

Системный анализ существующих бизнес-процессов (БП) проектирования СП, основанных на применении стандартной функциональности программного обеспечения (ПО) CAD (*Computer Aided Design*)-систем, выявил следующие недостатки:

- создание нового СП основано на экспертных оценках конструкции, включает значительные затраты времени на изучение проектной и справочной информации, а также на проектирование СП;
- учитываются только общие вопросы базирования заготовок с профильными посадочными поверхностями;
- не учитываются особенности проектирования и технологичности базовых деталей СП, что приводит к снижению качественного уровня конструкции СП;
- проектирование СП выполняется без применения методов автоматического формирования параметрических трёхмерных геометрических моделей СП и формирования комплекта конструкторской документации СП (чертежи, спецификации и т.п.). Во всех изученных методологиях преобладают рутинные функции для проектирования и оформления комплекта конструкторской документации СП, осуществляемые с помощью CAD (*Computer Aided Designer*)-систем и баз данных типовых конструктивных элементов.

Таким образом, создание и экспериментальная апробация системы автоматизированного проектирования (САПР), предназначенной для повышения эффективности проектирования СП, применяемых для изготовления деталей авиационных двигателей расчётов, является актуальной научной задачей.

**Теоретическая часть.** Разработка ПО САПР для проектирования СП осуществлялась на основе методологии, подробно описанной в монографии [1].

**Функциональная модель (ФМ) САПР.** Объектно-ориентированная функциональная модель САПР разработана с применением методологии *Rational Unified Process (RUP)* и платформенно-независимого объектно-ориентированного языка *UML (Unified Modeling Language)* [2].



Этапы разработки объектно-ориентированной ФМ САПР [1, 5]: бизнес-моделирование; определение функциональных и нефункциональных требований; анализ и проектирование; реализация; тестирование; развертывание.

Каждый этап включал выполнение задач для достижения конечной цели функционального моделирования – разработка ПО САПР для проектирования СП. Реализация вышеуказанных этапов подробно рассмотрена в работе [5].

Разработанная ФМ является основой для создания информационно-математической модели и базовых информационных технологий САПР проектирования СП.

**Информационно-математическая модель (ИММ) САПР.** Основой для создания ИММ является разработанная объектно-ориентированная ФМ САПР, математические модели и методы для проведения размерных характеристик, точностных и силовых расчётов конструкций СП [3, 7, 8], а также алгоритмическое обеспечение для автоматизации построения параметрических 3D геометрических моделей и проекционных сборочных чертежей СП, формирования спецификации на основе API (Application Programming Interface)-функций CAD-системы.

Исполнительные размеры сборочного СП определяются с учётом размеров посадочной и упорной поверхностей, которые указаны в комплекте технологической документации для ДСЕ. Точность обработки детали оценивается сопоставлением расчетной погрешности с допустимой величиной погрешности ещё изготовления.

**Базовые информационные технологии САПР.** Для реализации этого этапа методологии [1] разработано ПО САПР *Stalker MTA* для автоматизированного проектирования типовых конструкций СП.

Системный анализ функций отечественных и зарубежных CAD-систем выявил, что российская CAD-система *КОМПАС-3D* [4] обладает следующими возможностями:

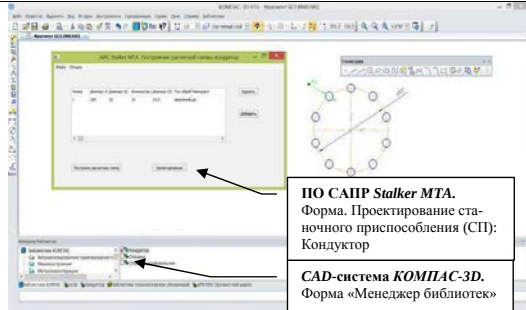
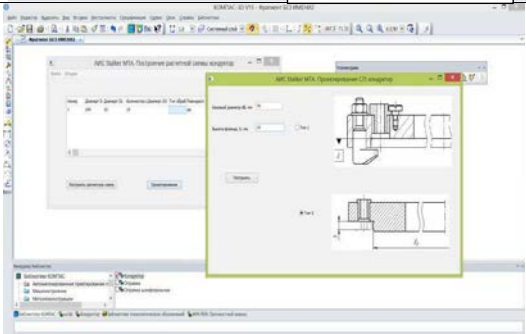
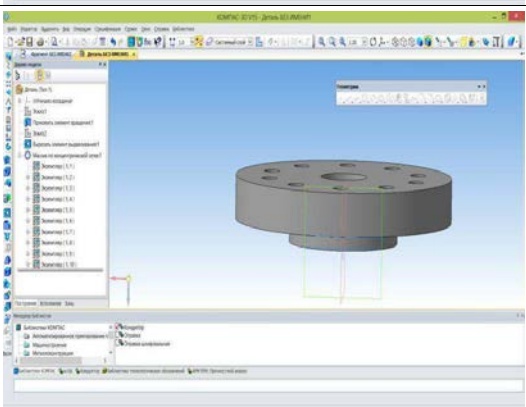
- параметрическое 2D/3D геометрическое моделирование ДСЕ;
- наличие библиотек стандартных изделий с заполненными наборами данных, применяемых при проектировании СП;
- оформление конструкторской документации для СП в соответствии с российскими государственными стандартами;
- наличие ПО API-функций для нового геометрического ядра *C3D Kernel*, в котором объединены модули геометрического моделирования, параметризации и трансляции данных. Это позволяет создавать ПО САПР с реализацией программного доступа к объектам CAD-системы [6].

В качестве экспериментальной апробации предложенных моделей и методов были разработано ПО библиотек, входящих в состав САПР *Stalker MTA*, для автоматизированного проектирования следующих сборных СП: токарные, шлифовальные и фрезерные оправки, кондукторы.



В качестве примера рассмотрим автоматизированное проектирование СП «Кондуктор», предназначенного для сверления отверстий в корпусных ДСЕ авиационных двигателей (таблица 1).

Таблица 1. Базовые информационные технологии САПР *Stalker MTA*

| № п.п. | Описание базовой информационной технологии САПР                                                                                                                                                                                                                     | Реализация базовой информационной технологии САПР                                                                                                                                                                                                              |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.     | Построение схемы расположения отверстий с помощью САПР <i>Stalker MTA</i> . Реализация интеграции САПР <i>Stalker MTA</i> с CAD-системой <i>Компас-3D</i> на уровне управления и наборов данных.                                                                    |  <p>ПО САПР <i>Stalker MTA</i>.<br/>Форма. Проектирование станочного приспособления (СП): Кондуктор</p> <p>CAD-система <i>КОМПАС-3D</i>.<br/>Форма «Менеджер библиотек»</p> |
| 2.     | Проектирование СП «Кондуктор» на основе предложенных методик размерных, точностных и силовых расчетов.                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                            |
| 3.     | Автоматическое построение параметрических 3D геометрических моделей ДСЕ СП. Проведение проверочных расчётов прочности СП с помощью метода конечных элементов. Автоматическое формирование комплекта конструкторской документации СП (чертежи, спецификации и т.п.). |                                                                                                                                                                           |



ПО библиотеки САПР *Stalker MTA* подключается к менеджеру библиотек CAD-системы *КОМПАС-3D* (см. п.1, таблица 1).

Для автоматизированного проектирования СП в САПР *Stalker MTA* используются наборы данных электронной структуры изделия, которой управляет интегрированная автоматизированная информационная система (ИАИС) предприятия [1].

САПР *Stalker MTA* реализует размерные, точностные и силовые расчёты СП (см. п. 2, табл. 1) с использованием методик приведённых в описании ИММ АИС.

На основе автоматически построенной геометрической модели сборки СП ПО библиотеки САПР *Stalker MTA* формирует сборочный чертеж СП и его спецификацию (см. п. 3, таблица 1).

**Заключение.** На основе предложенных моделей и методов авторами разработано и экспериментально апробировано ПО САПР *Stalker MTA*, отличающиеся реализацией автоматизированного проектирования СП на стадии технической подготовки производства ДСЕ авиационных двигателей и взаимодействием на уровне управления и наборов данных с интегрированной автоматизированной информационной системой предприятия.

### Литература

1. Кульга К. С. Модели и методы создания интегрированной информационной системы для автоматизации технической подготовки и управления авиационным и машиностроительным производством [Текст] / Кульга К. С., Кривошеев И. А. – М.: Машиностроение, 2011. – 377 с.
2. Рамбо Дж. UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка [Текст] / Рамбо Дж. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2007. – 544 с.
3. Станочные приспособления [Текст]: Справочник. В 2-х т./ ред. Вардашкин Б. Н. – М.: Машиностроение. – 1984. – 430 с.
4. Компания АСКОН. Комплексные решения для машиностроения – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.ascon.ru> (Дата обращения 12.01.2015).
5. Кульга К.С., Половинкин А.В. Автоматизация проектирования станочных приспособлений. СТИН. – 2015. – №10, с 4-9.
6. C3D Labs. The Core 3D. Комплексные решения для машиностроения – [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://c3dlabs.com/ru/> (Дата обращения 11.03.2016).
7. Hui Wang, Yiming (Kevin) Rong, Hua Li, Price Shaun. Computer aided fixture design: Recent research and trends. Computer Aided Design. Volume 42 (2010). – p.p. 1085-1094.
8. Малых В. А. Проектирование технологической оснастки: Учеб. пособие для вузов / В. А. Малых – Уфа: УГАТУ. – 2001. – 188 с.



В.В. Любимов, В.С. Лашин, К.Е. Шилов

### ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ПРИ ВРАЩЕНИИ ТВЕРДОГО ТЕЛА С МАЛОЙ АСИММЕТРИЕЙ В АТМОСФЕРЕ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева)

**Постановка задачи.** Рассматривается задача о нахождении нормальных напряжений при вращении твердого тела с малой асимметрией в атмосфере. Целью работы является определение значений асимметрий, при которых произойдет превышение предела прочности конструкции. При входе тела с малой массовой и аэродинамической асимметриями в атмосферу Земли важно знать, при каких величинах асимметрии произойдет разрушение корпуса космического аппарата (КА). В данной задаче рассматривается твердое тело, имеющее следующие параметры и начальные условия движения: масса равна 150кг, средний радиус окружности наибольшего кольца конструкции равен 0,12м, скорость входа в атмосферу равна 7700 м/с. В таблице 1 содержатся прочностные характеристики учитываемых при моделировании сплавов. В предлагаемой задаче наибольший интерес представляет нахождение зависимости конечных значений угловой скорости твердого тела от величин массовой и аэродинамической асимметрий.

Таблица 1 – Прочностные характеристики обшивки КА

| Марка металла      | Предел прочности, $\sigma$ (МПа) |
|--------------------|----------------------------------|
| АД31 ГОСТ 18482-79 | 130                              |
| АМг6 ГОСТ 18482-79 | 315                              |
| Д16 ГОСТ 18482-79  | 420                              |

**Математические модели.** При численном моделировании применяются приближенные нелинейные уравнения движения космического аппарата с малой асимметрией [1-5]:

$$\ddot{\Gamma}_x \frac{d\omega}{dt} x = -\varepsilon m_x^A \sin(\theta + \theta_2), \quad (1)$$

$$\frac{F_a}{4\omega_a^2} \frac{da}{dt} = -\Psi \frac{\omega^2 \operatorname{tg} \alpha}{4\omega_a^2 \pi} \mp \varepsilon \frac{m^A}{2\omega_a} \cos(\theta + \theta_1) \quad (2)$$

$$\frac{d\Theta}{dt} = \omega_x - \omega_{1,2} \quad (3)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \varepsilon \frac{\omega}{2q} \frac{dq}{dt}. \quad (4)$$





Здесь  $\theta = \varphi_n - \pi/2$ ;  $\Psi = 2\pi\dot{\omega}/\omega^2 = O(\varepsilon)$ ,  $m_x^A, m_1^A, \theta_1, \theta_2, \theta_3$  – функции, характеризующие величину и взаимное расположение аэродинамической и массовой асимметрий твердого тела,  $m^A = \sqrt{(m_1^A)^2 + (m_2^A)^2}$ ,

$$m_1^A = -\frac{(1 + \bar{I}_x)\omega_x - 3\omega_{1,2}}{2\omega_a} \frac{\omega^2}{m_{zn}} (m_y^\phi - C_x \bar{\Delta z}) \operatorname{tg} \alpha - \frac{\omega_{1,2}\omega^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{2\omega_a m_{zn}} (m_{xc}^\phi + C_{yn} \bar{\Delta z}),$$

$$m_2^A = -\frac{(1 + \bar{I}_x)\omega_x - 3\omega_{1,2}}{2\omega_a} \frac{\omega^2}{m_{zn}} (m_z^\phi - C_x \bar{\Delta y}) \operatorname{tg} \alpha - \frac{\omega_{1,2}\omega^2 \operatorname{tg}^2 \alpha}{2\omega_a m_{zn}} (m_{xs}^\phi + C_{yn} \bar{\Delta y}),$$

$$\sin \theta_1 = m_1^A / m^A, \cos \theta_1 = -m_2^A / m^A, m_x^A = \sqrt{(m_{x1}^A)^2 + (m_{x2}^A)^2}, \sin \theta_2 = m_{x1}^A / m_x^A$$

$$m_{x1}^A = \frac{\omega^2}{m_{zn}} (m_{xs}^\phi + C_{yn} \bar{\Delta y}) \operatorname{tg} \alpha, m_{x2}^A = \frac{\omega^2}{m_{zn}} (m_{xc}^\phi + C_{yn} \bar{\Delta z}) \operatorname{tg} \alpha, \cos \theta_2 = -m_{x2}^A / m_x^A,$$

$$\omega_a = \sqrt{\bar{I}_x \omega_x^2 / 4 + \omega^2}, \quad \omega_{1,2} = \frac{\bar{I}_x \omega_x}{2} \pm \omega_a; \quad \omega_x - \omega_{1,2} - \text{резонансная расстройка};$$

$$\bar{I}_x = I_x / I (I_y = I_z = I), F_a = -\frac{M_{zn}^a}{I} + \frac{\omega_{1,2}^2}{\cos^2 \alpha} + (\bar{I}_x \omega_x - \omega_{1,2})(\bar{I}_x \omega_x - 2\omega_{1,2}).$$

В системе (1)-(4) возможен главный резонанс вида  $\frac{d\theta}{dt} = \omega_x - \omega_{1,2} = 0$

Главному резонансу будут соответствовать две ветви резонансных кривых:

$$\omega_x^p(t) = \pm \frac{\omega}{\sqrt{1 - \bar{I}_x}}, \quad (5)$$

которые могут быть определены соответственно из условий

$$\omega_x^p - \omega_1 = 0 \quad (\omega_x > 0) \text{ и } \omega_x^p - \omega_2 = 0 \quad (\omega_x < 0).$$

Для определения разрушающих напряжений воспользуемся формулой:

$$\sigma = \frac{N}{A}, \quad (6)$$

где  $N$  – нормальная сила,  $A$  – площадь поперечного сечения КА.

Интенсивность распределенной нагрузки, находится так:  $q = m_i$ , где:

$$m = \frac{m_0}{S}; \quad m_0 - \text{масса КА, } S - \text{длина периметра по среднему диаметру};$$

$$i = \frac{\omega_x^2 D_{cp}^2}{2}.$$

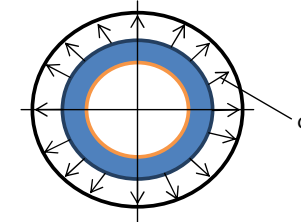


Рисунок 1 – Действие распределенной нагрузки

Нормальные напряжения при вращении тела вращения рассчитываются следующим образом:

$$\sigma = \frac{\rho \omega_x^2 D_{cp}^2}{4}, \quad (7)$$

Здесь  $\rho$  – плотность материала конструкции ТТ.

**Численное моделирование.** Рассмотрим результаты численного моделирования. Пусть твердое тело имеет большую начальную угловую скорость и малые массовую и аэродинамическую асимметрии. Начальная угловая скорость  $\omega_{x0} = 50 \text{ с}^{-1}$ , угол входа равен  $-2$  град. Параметры асимметрии:  $\bar{m}_x^A = \bar{m}^A = 0.1$ ,  $\theta_1 - \theta_2 = 0$ . На рисунке 2 можно увидеть, что максимальная величина угловой скорости равна  $\omega_{\max} = 1350 \text{ с}^{-1}$ . При этом величина нормального напряжения  $\sigma = 18,23 \text{ МПа}$ . Данная величина напряжения больше предела прочности для рассматриваемых видов материала конструкции.

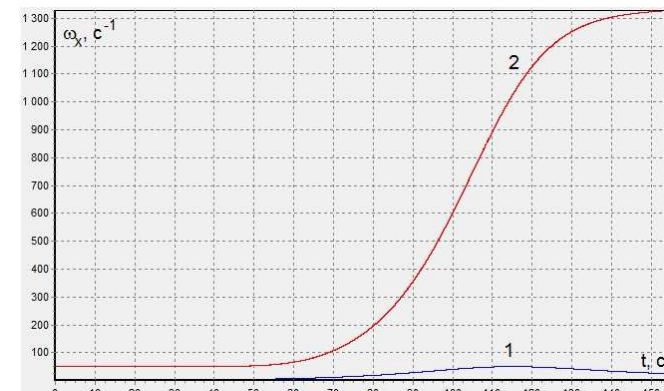


Рисунок 2 – Увеличение угловой скорости твердого тела  
(1 – резонансное значение угловой скорости, 2 – угловая скорость)

Результаты численного моделирования при различных величинах угла входа в атмосферу  $\zeta$  содержатся в таблице 2. Как следует из таблицы 2, разру-



шение материала АД31 ГОСТ 18482-79 происходит при  $\omega_{\max} = 3800 \text{ с}^{-1}$ , а разрушение материала АМг6 ГОСТ 18482-79 наблюдается при  $\omega_{\max} = 5800 \text{ с}^{-1}$ . Достижения величин угловых скоростей, при которых происходит разрушение материала Д16 ГОСТ 18482-79 для рассматриваемого ТТ получить не удалось.

Таблица 2 – Значения угловой скорости и величины нормальных напряжений

| $\zeta$ , град | $m_x^A$ | $m^A$ | $\omega_{\max}$ , 1/с | $\sigma$ , МПа |
|----------------|---------|-------|-----------------------|----------------|
| -2             | 0,1     | 0,1   | 1350                  | 18,23          |
| -5             | 0,3     | 0,3   | 2350                  | 55,22          |
| -10            | 0,3     | 0,3   | 3400                  | 115,62         |
| -15            | 0,3     | 0,3   | 3800                  | 144,39         |
| -45            | 0,3     | 0,3   | 5800                  | 336,41         |

**Выводы.** При движении космического аппарата с малой асимметрией в атмосфере (для выполнения условий прочности конструкции) требуется учитывать следующие величины: начальную угловую скорость  $\omega_{x0}$ , величину угла  $\theta_1 - \theta_2$ , величину параметров  $m_x^A$ ,  $m^A$ , значение угла входа  $\zeta$ . Из проделанной работы можно определить, что наиболее опасными являются случаи:  $\theta_1 - \theta_2 = 0^\circ$  ( $\omega_{x0} > 0$ ) и  $\theta_1 - \theta_2 = 180^\circ$  ( $\omega_{x0} < 0$ ), наблюдающиеся при значительных начальных величинах угловой скорости и немалых углах входа в атмосферу.

### Литература

1. Любимов, В.В. Внешняя устойчивость резонансов в динамике полета космических аппаратов с малой асимметрией. – Самара, Издательство СНИЦ РАН 2013.
2. Заболотов, Ю.М. Вторичный резонансный эффект при движении КА в атмосфере [Текст] / Ю.М. Заболотнов, В.В. Любимов // Космические исследования. – 1998.- Т. 36, №2. – С.206-214.
3. Любимов, В.В. Асимптотический анализ вторичных резонансных эффектов при вращении космического аппарата с малой асимметрией в атмосфере [Текст] / В.В. Любимов / Известия вузов. Авиационная техника. 2014. - № 3. С.23-28.
4. Белоконов, В.М. Ускоренный расчет траекторий снижения в атмосфере неуправляемых КА с учетом их движения относительно центра масс [Текст] / В.М. Белоконов, И.В. Белоконов, Ю.М. Заболотнов // Космические исследования. – 1983. – Т.21, Вып. 4. – С.512-521.
5. Шилов, К.Е. Численное моделирование резонансных эффектов при вращении тела с различными величинами асимметрии в атмосфере [Текст] / К.Е. Шилов, В.В. Любимов // Сборник трудов научного молодежного семинара «Математическое моделирование в аэрокосмических системах». Под общей редакцией руководителя семинара, д.т.н. Любимова В.В. Самара. Издательство СНИЦ РАН 2014.



Д.С. Михайлов

## АЛГОРИТМ ЖАДНОГО ПРОДВИЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Задача маршрутизации является, пожалуй, самой важной и самой сложной функцией, которую выполняют сети. Для нахождения нужного маршрута, узлы должны обмениваться информацией о связях друг с другом. Задачи такого типа оказали сильное влияние на развитие коммуникационных технологий, интернет [1], беспроводных, а также самоорганизующихся сенсорных сетей [2].

Самоорганизующаяся сеть - автоматизированная технология, которая разработана, чтобы сделать планирование, проектирование, управление, оптимизацию и доступ к мобильным сетям проще и быстрее. Функциональность такой сети и ее поведение было определено в общепринятых нормах мобильной индустрии, а именно такими организациями, как 3GPP (Third Generation Partnership Project) и NGMN (Next Generation Mobile Networks). Клиентские устройства соединяются на лету, образуя собой сеть. Каждый узел сети пытается переслать данные предназначенные другим узлам.

Для самоорганизующихся сетей создан стандарт связи ZigBee (IEEE 802.15.4) [3]. ZigBee — это логическая сеть и программный стек, обеспечивающие функции безопасности и маршрутизации.

Пусть имеется сеть, состоящая из N количества узлов. Задача маршрутизации заключается в нахождении оптимального маршрута для передачи пакета от начального узла X в определенный узел Y.

Существует два основных класса схем маршрутизации в беспроводных сенсорных сетях – географическая маршрутизация и маршрутизация на основе виртуальных координат.

Географическая маршрутизация опирается на физическую информацию о местоположении узлов, которая может быть получена при помощи систем ГЛОНАСС или при помощи алгоритмов локализации, таких как RSSI (Received Signal Strength Indication) или TDOA (Time Difference Of Arrival) [4]. Наиболее известным протоколом географической маршрутизации является протокол GPSR (Greedy Perimeter Stateless Routing), использующий при передаче пакетов технологию “жадной маршрутизации”, а возникновение пустоты предполагает обход ее периметра по правилу правой руки [5].

Технология жадной маршрутизации, согласно которой пакет для передачи данных направляется соседнему узлу, который находится ближе к месту назначения, чем узел, держащий пакет [5]. Технология “жадной маршрутизации” позволяет добиться передачи пакетов по наиболее короткому пути, но при ее использовании возможно возникновение ситуации, получившей название про-



блема “локального минимума” [5]. Проблема “локального минимума” заключается в том, что нет соседнего узла, который находится ближе к пункту назначения, чем текущий узел, держащий пакет для передачи. В случае возникновения пустоты предполагается обход периметра пустоты по правилу правой руки [6].

Цель данной работы – модернизация, уже существующего алгоритма жадного продвижения, путем ввода понятия потенциала по аналогии с электростатическим полем. В новом алгоритме пакет будет передаваться узлу, у которого потенциальная энергия наименьшая. Таким образом решение о передаче пакета конкретному узлу будет зависеть не от расстояния до конечного узла, а от значения потенциальной энергии.

Как и говорилось ранее, модернизация метода жадного продвижения с помощью потенциальной энергии позволяет решить такую важную проблему самоорганизующихся сетей, как проблема локального минимума.

Электростатика и метод изображения дают возможность улучшить значение маршрутизирующего потенциала, что позволит решить проблему локального минимума, которая, как говорилось ранее, возникает при использовании метода жадного продвижения. Согласно этому методу для учета влияния пустот должны добавляться новые индуцированные заряды, расположенные внутри пустот. Тогда в зоне расположения сенсоров результирующее поле будет являться суммой потенциалов конечного заряда и индуцированных зарядов. Следуя теореме единственности легко доказать, что это решение является точным [7].



Рис. 1. Графическое представление маршрута между узлами с пустотами

Область, содержащая пустоты, можно описать с помощью системы распределенных зарядов. Такое описание возможно с помощью функции Грина G. Функция Грина G – это потенциальная энергия данной системы заземленных проводников, в которой имеется единичный положительный заряд, расположенный в фиксированной точке [7].

Теорема 1. Функция  $\varphi$ , обратная функции Грина, будет являться точным решением для маршрутизирующего потенциала заданной конфигурации сенсоров, если на границах пустот расположить заземленные проводники, а в конечной точке маршрута разместить отрицательный заряд.

Теорема 2. Маршрутизирующая функция обратная функции Грина позволяет избежать проблемы локального минимума.



Однако полученное решение сложно применить на практике, так как значение потенциального поля будет зависеть от конечной точки маршрута. Поэтому на основе данного решения следует найти приближенное.

Основные условия такого решения:

1. Потенциал пустот будет задаваться системой индуцированных точечных положительных зарядов,
2. Индуцированные заряды располагаются по центру пустот, пустоты могут делиться на несколько частей для минимизации покрытия.
3. Внутри пустот напряженность индуцированного потенциального поля должны быть больше, чем для поля, создаваемого отрицательным зарядом в точке назначения.
4. Вне пустот поле, создаваемое конечным зарядом, должно быть доминирующим, то есть его напряженность должны быть много больше, чем суммарное поле, создаваемое индуцированными зарядами в пустотах.
5. Потенциальное поле в бесконечно удаленной точке должно быть исчезающе малым.

Для того, чтобы данные условия выполнялись предположим, что потенциальное поле, создаваемое зарядом, в конечной точке маршрута обратно пропорционально расстоянию от него ( $\varphi \sim -\frac{Q}{R}$ ), а значение потенциального поля, создаваемого индуцированными зарядами в пустотах, зависит от квадрата расстояния ( $\varphi \sim \frac{q_i l^{n-1}}{r_i^2}$ ).

Допустим, что итоговое решение уже известно. Решение можно представить в виде совокупности пар величин  $(R_i, r_i^P)$ , где  $i$  – порядковый номер пустоты. Таким образом, общий потенциал  $\varphi$  можно представить в виде:

$$\varphi = -\frac{Q}{|\vec{R} - \vec{R}_q|} + \sum_{i=1}^m \frac{q_i l^{n-1}}{(\vec{R} - \vec{R}_i)^n} \quad (1)$$

Осталось вывести зависимость в формуле (1) между  $Q$  и  $q_i l^{n-1}$ , которую можно найти с помощью граничных условий.

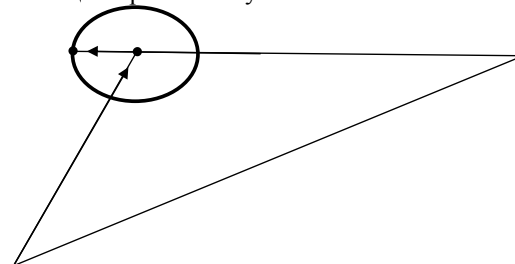


Рис. 2. Графическое представление граничных условий

Граничные условия в точке A (см. рис.3) заключаются в том, что потенциальные поля, созданные в конечной точки маршрута и в пустотах, должны отличаться по значению только знаком.



$$q_{il}^{n-1} = \frac{Q_{il}^{n+1}}{n(|\vec{R}_i - \vec{R}_g| + r_i^2)^2} \quad (2)$$

Полученная формула дает возможность улучшить метод жадного продвижения. Есть только одно исключение. Это случай, когда радиус вектор конечной точки попадет в одну из пустот. В таком случае, описывающая окружность помимо пустоты должна учитывать и соседние узлы из-за сложных выступов границ пустоты. В данной ситуации описать мы не сможем описать пустоту одним зарядом, а должны разбить пустоту на две или более части. Так чтобы точка назначения оказалась вне соответствующих окружностей.

### Литература

1. D. Meyer, L. Zhang, and K. Fall, editors. RFC4984. The Internet Architecture Board, 2007
2. Morteza M. Z. A Survey on Centralised and Distributed Clustering Routing Algorithms for WSNs, 2015
3. Соколов М.А. Программно-аппаратное обеспечение беспроводных сетей на основе технологии ZigBee/802.15.4 // Электронные компоненты. 2004. №12. С. 80-87
4. Bachrach, J., and Taylor, C. Localization in sensor networks. Ch. 9, Handbook of Sensor Networks. Stojmenovic (Editor), John Wiley 2005.
5. B. Karp and H. T. Kung., "Greedy perimeter stateless routing (GPSR) for wireless networks," Proc. 6th annual ACM/IEEE Int. Conf. on Mobile Computing and Networking (MOBICOM), 2000, pp. 243–254.
6. Y. Zou and K. Chakrabarty, "Sensor Deployment and Target Localization Based on Virtual Forces," IEEE INFOCOM, 2003 – ВПК и правила обхода дыр
7. Shannon C. E. A mathematical theory of communication //ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review. – 2001. – Т. 5. – №. 1. – С. 3-55.

К.В. Павлов, И.А. Стефанова

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОРОГА СЛЫШИМОСТИ ПРИ МАСКИРОВКЕ СЛУХА

(Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)

На современном этапе развития нашего общества пользователем доступны носители большого объема информации и высокоскоростные каналы передачи данных. Однако наблюдается постоянный рост объемов передаваемой информации. Поэтому задача оптимального сжатия аудиоданных остается актуальной, и по сей день.

Различают сжатие без потерь (*lossless*), позволяющее восстановить исходный сигнал в полном объеме и сжатие с частичными потерями (*lossy*), при котором полное восстановление исходного сигнала уже невозможно.



Сжатие без потерь основано на принципе сокращения статистической избыточности, то есть более рационального размещения данных в файле, что позволяет уменьшить его размер. Однако даже при использовании достаточно сложных процедур обработки устранение статистической избыточности звуковых сигналов позволяет в конечном итоге уменьшить требуемую пропускную способность канала связи лишь на 15–25% по сравнению с ее исходной величиной.

Сжатие с потерями разработано на основании алгоритмов сокращения психоакустической избыточности, то есть удаления из файла звуковой информации, незначительно влияющей на восприятие звука человеческим ухом. Этими методами можно обеспечить сжатие цифровых аудиоданных в 10 – 12 раз без существенных потерь в качестве воспроизведения информации.

Значимое явление для сжатия звуковых сигналов, известное из исследований слуха человека, состоит в том, что звук не может быть воспринят человеческим слухом, если этот звук маскируется другим, более громким звуком, расположенным вблизи него на оси частот [1].

Анализируя спектр сигнала и принимая во внимание семейство кривых маскировки можно рассчитать границу маскирования того или иного участка спектра и выбрать требуемое число разрядов для кодирования спектральных компонентов этого участка.

Существующие в настоящее время форматы сжатых звуковых файлов [3] учитывающие психоакустическую избыточность, например *MPEG*, *Dolby AC-3*, используют упрощенное аналитическое описание кривой маскировки. Его не полное соответствие экспериментальным данным не позволяет обеспечить оптимального сжатия.

Для того, чтобы можно было определить степень сжатия с устранением психоакустической избыточности найдем аналитическое описание кривых маскировки. Кривые для математического моделирования будем брать из источника [1].

С помощью, полученных функций в дальнейшем можно будет собрать модель процесса устранения избыточных частотных компонент и определить, какие составляющие можно убрать из спектра исходного сигнала, без ухудшения качества восприятия звука.

Для аппроксимации кривых будем использовать линейную регрессию общего вида [2]. В этом случае заданная совокупность точек приближается функцией вида:

$$F(x, K1, K2, ..., Kn) = K1 * F1(x) + K2 * F2(x) + ... + Kn * Fn(x).$$

Таким образом, функция регрессии является линейной комбинацией функций  $F1(x), F2(x), ..., Fn(x)$  с соответствующими коэффициентами  $K1...Kn$ .

При этом критерием точности соответствия функции к экспериментальным данным является коэффициент детерминации  $R^2$ . Причем, чем ближе этот коэффициент к 1, тем точнее приближение:



$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (\hat{F}_i - \bar{F}_i)^2}{\sum_{i=1}^m (F_i - \bar{F}_i)^2} \quad (2)$$

где  $m$  – общее число исследуемых точек данных;

$\hat{F}_i$  и  $F_i$  – соответственно, расчётное и экспериментальное значения данных;

$\bar{F}_i$  – усреднённое по  $m$  значение экспериментальных данных.

Авторами в работе [1] были проведены исследования с группой студентов и получены экспериментальные кривые порогов слышимости при воздействии на слух узкополосного шума со средней частотой 1 кГц с различными уровнями интенсивности. Все кривые маскировки не симметричны и имеют явно выраженный максимум на средней частоте полосы шума. Приведем кривые маскировки к единому максимуму, переместив их параллельно самим себе на величину  $a_m$ , а затем совместим эти кривые, прогнравуировав ось абсцисс в относительных частотах:

$$F = \frac{f - f_m}{\Delta F}, \quad (3)$$

где  $f$  – текущая частота,  $\Delta F$  – ширина частотной группы, образованная  $f_m$  – частотой тона.

В итоге, кривые маскировки практически совпали, что привело к упрощению нахождения искомой функции кривой маскировки для любого тона.

Эта особенность позволила с высокой степенью точности ( $R^2 = 0,997$ ) получить аналитическую зависимость:

$$L(F) = -1.085 \cdot F^2 + 33.923 \cdot \frac{1}{F^2 + 1} + 4.026 \cdot F + 1.715 \cdot \sin(F) + L(f_m) + a_m(f_m), \quad (4)$$

Кривая аппроксимирующей функции  $L(F)$  при  $L_m = 60$  дБ показана на рис. 1 сплошной линией. Видно хорошее совпадение по форме  $L(F)$  с экспериментальными данными, представленными точками на графике.

В полученной зависимости (4)  $a_m$  – коэффициент маскировки частотной группы, компенсирующий смещение кривой маскировки тона, был получен эмпирически [4] и путем регрессионного анализа получено его аналитическое выражение:

$$a_m = -2.033 \cdot 10^{-12} \cdot f^3 + 7.12 \cdot 10^{-8} \cdot f^2 - 8.951 \cdot 10^{-4} \cdot f - 2.069$$

Как можно увидеть по графику (рис. 1), полученные результаты весьма точно ( $R^2 \rightarrow 1$ ) описывают экспериментальную зависимость.

Проверить полученные результаты и эффективность сжатия с использованием свойства маскировки можно путем моделирования этого процесса. Для этого в пакете расширения Simulink системы MATLAB была создана модель порога слышимости при маскировке. Модель частотной избирательности для музыкального сигнала приведена на рис. 2.

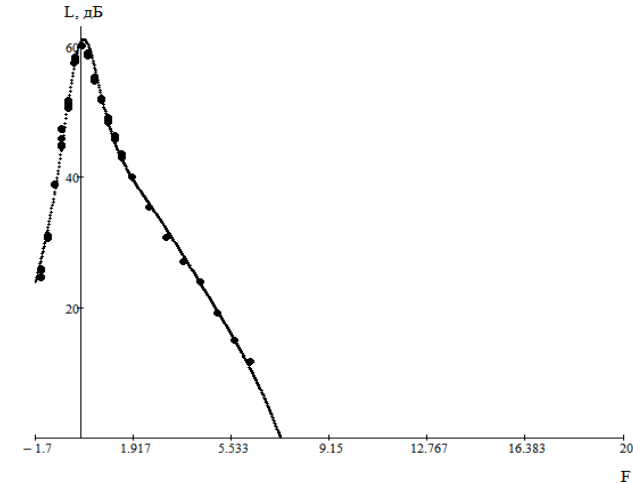


Рис. 1. Аппроксимирующая кривая маскировки

Модель содержит стандартные блоки из обширной библиотеки *Simulink*, а так же создан собственный блок *Mask* с технологией применения S-функций.

Блок *From Wave File* последовательно считывает выборки цифровых аудиоданных длиной  $N$  из файла *Oboe\_melodious\_phrase\_Stereo.wav*.

Над каждой выборкой временных отсчетов блок *FFT* выполняет прямое дискретное преобразование Фурье (ДПФ) для получения частотных составляющих спектра звукового сигнала. В результате на выходе этого блока формируется массив из  $N$  коэффициентов преобразования Фурье в виде комплексных чисел типа  $a_n + ib_n$  с разрешением по частоте  $\Delta f = F_d/N$ .

Для формирования линейчатого спектра используется блок *Complex to Magnitude-Angle*, выделяющий для каждого коэффициента ДПФ модуль  $|u| = (a_n^2 + b_n^2)^{0.5}$  и фазу  $\angle u = \arctg(-b_n/a_n)$ . Поскольку работа с фазой комплексной величины в данной работе не рассматривается, она непосредственно подается на соответствующий вход блока *Magnitude-Angle to Complex*, формирующего комплексную величину на приеме.

Блок *IFFT* выполняет обратное ДПФ. На его выходе остается нулевая мнимая часть. Для ее устранения используется блок *Complex to Real-Image*.

Выходной блок *To Wave File* накапливает полученные временные выборки в виде звукового *mask.wav* файла, который в дальнейшем воспроизводится звуковой платой ЭВМ.

Блок *MASK* работает под управлением программы, оформленной в виде *m*-файла, по алгоритму обнуления отдельных отсчетов, лежащих ниже кривой маскировки локально маскирующей компоненты. Если кривая маскировки локально маскирующей компоненты превышает уровень рассматриваемой маскируемой компоненты, эта компонента считается маскирующей.



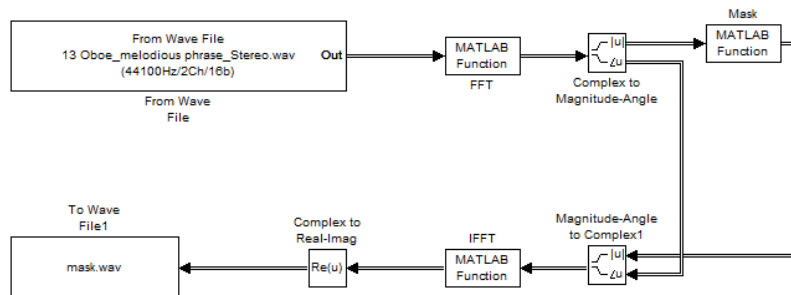


Рис. 2. Моделирование частотной избирательности слуха

В результате выходом алгоритма является массив коэффициентов ДПФ той же размерности, что и входной, но с некоторыми обнуленными коэффициентами.

В процессе эксперимента использовались 2 тестовых звуковых файла с музыкальным и речевым фрагментами, а также 3 человека, прослушивающие исходные файлы и файлы, прошедшие цифровую обработку в модели.

Результат моделирования с использованием свойства частотной избирательности человека показал, что 25 % спектральных составляющих аудиоданных при их сжатии можно удалить. При этом ухудшения качественного восприятия обработанных программой тестовых аудиоданных не наблюдалось.

### Литература

1. Цвикер Э., Фельдкеллер Р. Ухо как приемник информации / пер. с немец, под ред. Б. Г. Белкин. М.: Связь, 1971 – 255 с.
2. Воскобойников Ю. Регрессионный анализ данных в пакете Mathcad. М: Лань, 2011 – 224 с.
3. Ковалгин Ю. А., Вологдин Э. И. Цифровое кодирование звуковых сигналов. – СПб.: КОРОНА-принт, 2004–240 с., ил.
4. Стефанова И. А., Павлов К.В. Моделирование свойств слухового анализатора. Уфа: Международный центр инновационных исследований «Символ науки» № 11, часть 1, 2015 – 58-62 с.

А.В. Папе, И.А. Стефанова

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОДСИСТЕМ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ В SIMULINK

(Поволжский государственный университет  
телекоммуникаций и информатики)

Современная математическая система *MATLAB* в комплексе с пакетом расширения *Simulink* обладает огромным количеством различных библиотек, позволяющих проводить как сложные математические вычисления, так и моде-



лировать работу любого сколь угодно сложного технического устройства. Базируясь на принципах визуально-ориентированного программирования, *Simulink* позволяет выполнять моделирование сложных устройств с высокой степенью достоверности и обладает наглядными средствами представления результатов. Это позволяет пользователям разработать новые устройства, понять работу уже созданных систем, просчитать характеристики тех или иных блоков системы, представить наглядно их работу и результаты этой работы. Все это существенно упрощает процесс обучения студентов.

Однако зачастую схемы, создаваемые на базе простейших блоков из библиотек *Simulink*, получаются объемными, размытыми по рабочей области окна моделирования, имеют большое количество переплетающихся между собой соединений. Всё это значительно затрудняет процесс изучения схемы и её работы, мешает в целом восприятию изучаемого объекта моделирования. Чтобы избежать данной проблемы можно использовать приём, про который часто забывают пользователи *Simulink* – создание и маскирование подсистем.

Подсистема – это фрагмент *Simulink*-модели, оформленный в виде отдельного функционального блока. Использование подсистем при составлении моделей имеет следующие положительные стороны:

- уменьшение количества одновременно отображаемых блоков на экране, что облегчает восприятие модели (в идеале модель полностью должна отображаться на экране монитора);
- создание и отладку фрагментов модели по отдельности, что повышает технологичность создания модели;
- создание собственных библиотек;
- возможность синхронизации параллельно работающих подсистем;
- включение в модель собственные справочные средства;
- возможность связывания подсистемы с каким-либо m-файлом системы *MATLAB*, обеспечивая запуск этого файла при открытии подсистемы (нестандартное открытие подсистемы).

Использование подсистем и механизма их соединения в единый блок позволяет создавать блоки, не уступающие стандартным по своему оформлению (собственное окно параметров блока, пиктограмма, справка и т.п.). Этот процесс представляет собой маскирование систем [1].

Количество подсистем в модели не ограничено, кроме того подсистемы могут включать в себя другие вложенные подсистемы. Уровень вложенности подсистем друг в друга также не ограничен.

Связь подсистемы с моделью (или подсистемой верхнего уровня иерархии) выполняется с помощью входных (блок *Inport* библиотеки *Sources*) и выходных (блок *Outport* библиотеки *Sinks*) портов. Добавление в подсистему входного или выходного порта приводит к появлению на изображении подсистемы метки порта, с помощью которой внешние сигналы передаются внутрь подсистемы или выводятся в основную модель. При моделировании подсистем в *Simulink* имеется возможность переименования блоков *Inport* или *Outport* со стандартных названий *In / Out* на те, которые нужны пользователю.





Пакет расширения *Simulink* содержит как виртуальные подсистемы (*Subsystem*), так и монолитные (*Atomic Subsystem*). Отличие этих видов подсистем заключается в порядке выполнения блоков во время расчета [3]. Если подсистема является виртуальной, то *Simulink* игнорирует наличие границ отделяющих такую подсистему от модели при определении порядка расчета блоков. Иными словами в виртуальной системе сначала могут быть рассчитаны выходные сигналы нескольких блоков, затем выполнен расчет блоков в основной модели, а затем вновь выполнен расчет блоков входящих в подсистему. Монолитная подсистема считается единым (неделимым) блоком и *Simulink* выполняет расчет всех блоков в такой подсистеме, не переключаясь на расчеты других блоков в основной модели.

В свою очередь, подсистемы могут быть также управляемыми или неуправляемыми. Управляемые подсистемы всегда являются монолитными. Они имеют дополнительные (управляющие) входы, на которые поступают сигналы, активизирующие данную подсистему. Управляющие входы, как правило, расположены сверху или снизу подсистемы. Когда управляемая подсистема активизирована – она выполняет вычисления. В том случае если управляемая подсистема пассивна, то она не выполняет вычисления, а значения сигналов на ее выходах определяются настройками выходных портов.

Существуют два способа создания в модели подсистемы:

1) Использование команды создания подсистем. Для этого необходимо скопировать нужную подсистему из библиотеки *Subsystem* в модель. Выделить с помощью мыши нужный фрагмент модели и выполнить команду *Create Subsystem* из меню *Edit* окна модели. Выделенный фрагмент будет помещен в подсистему, а входы и выходы подсистемы будут снабжены соответствующими портами. Этот способ позволяет создать виртуальную неуправляемую подсистему. В дальнейшем, при необходимости можно сделать подсистему монолитной, изменив ее параметры, или управляемой, добавив управляющий элемент из нужной подсистемы, находящейся в библиотеке.

2) Использование механизма маскирования подсистем, который позволяет оформить подсистему как полноценный библиотечный блок, т.е. снабдить подсистему собственным окном параметров, пиктограммой, справочной системой и т.п.

Маскирование подсистем дает пользователю следующие преимущества:

- расширение возможности по управлению параметрами модели;
- создание более понятного интерфейса подсистемы;
- повышение наглядности блок-диаграмм;
- расширение возможности построения сложных моделей;
- повышение защищенности модели от несанкционированной модификации.

Для выполнения маскирования имеющейся подсистемы необходимо предварительно выполнить следующие действия:



1. Определить какие параметры подсистемы должны задаваться пользователем в будущем окне параметров. Задать эти параметры в подсистеме с помощью идентификаторов;
2. Определить каким образом параметр должен задаваться в окне диалога (с помощью строки ввода, выбором из раскрывающегося списка или установкой флажка);
3. Разработать эскиз пиктограммы блока;
4. Создать комментарии (справку) по использованию подсистемы.

Маскирование подсистемы выполняется с помощью редактор маски (*Mask Editor*). Для выделенных блоков запускается *Mask Editor*, при этом выводится окно с тремя вкладками *Icon* (Пиктограмма), *Initialization* (Инициализация), *Documentation* (Документация), с помощью которых настраивается, маскируется и сохраняется будущая подсистема.

После того как маскирование системы будет выполнено, двойной щелчок по ее изображению будет открывать уже окно параметров подсистемы, а не окно модели.

Для демонстрации возможностей использования подсистем в *Simulink* было смоделировано арифметико-логическое устройство в виде небольшой блок-схемы *Simulink*. Продемонстрируем её работу ниже.

Рассмотрим работу арифметико-логического устройства, описываемого формулой [2]:

$$F_i = (A_i B_i S_3 \vee A_i \bar{B}_i S_2) \oplus (\bar{B}_i S_1 \vee B_i S_0 \vee A_i) \oplus (C_0 \vee M),$$

где  $F_i$  – значение  $i$ -го разряда результата операции,  $A_i$  и  $B_i$  – значения  $i$ -го разряда двоичных операндов,  $S_i$  – значение  $i$ -го разряда кода операции АЛУ,  $C_0$  – перенос в младший разряд АЛУ,  $M$  – выбор режима функционирования АЛУ. При  $M=1$  выполняется логическая операция, при  $M=0$  выполняется арифметическая операция над входными операндами  $A$  и  $B$ .

Из приведенного выражения видно, что для реализации АЛУ необходимы логические элементы *AND*, *OR*, *NOT* и *XOR*, которые реализуют логические операции конъюнкции ( $\wedge$ ), дизъюнкции ( $\vee$ ), отрицания ( $\neg$ ), равнозначности ( $\oplus$ ). По этому выражению была собрана модель АЛУ, представленная на рисунке 1. С целью упрощения восприятия АЛУ все элементы модели рисунка 1 а) были объединены в единую подсистему, которая приведена на рисунке 1 б).

В модели  $A1$  и  $B1$  – значения одного разряда двоичных операндов  $A$  и  $B$  соответственно.

Представленная на рисунке 1 модель одnorазрядного устройства АЛУ способно выполнять 32 различные операции, 16 из которых – логические и 16 – арифметические, реализуемые в соответствии с таблицей работы типовых АЛУ.

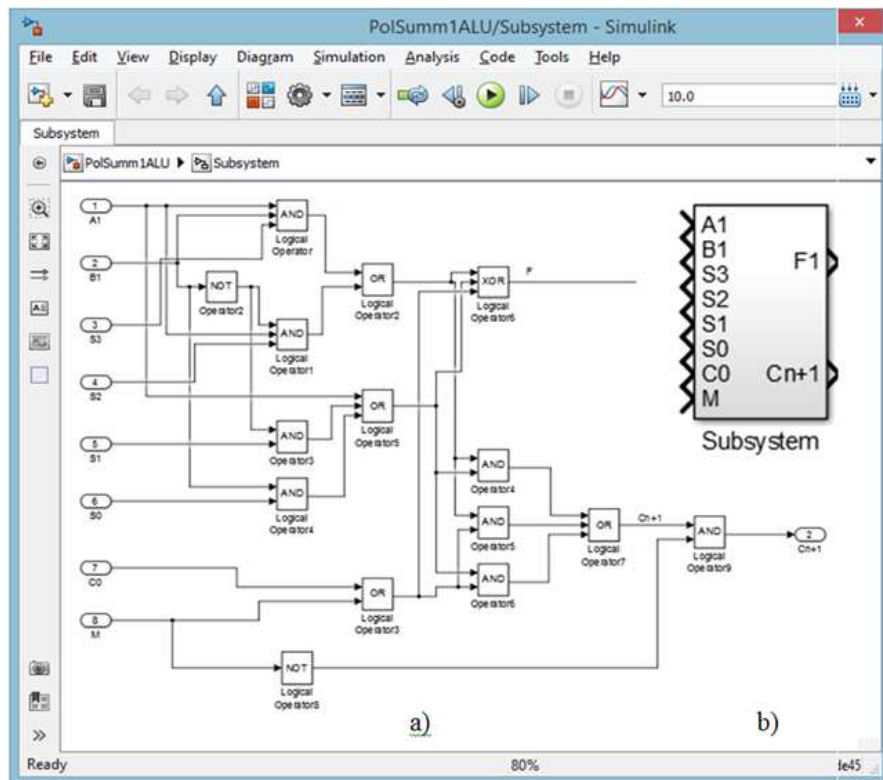


Рис. 1. Модель а) одноразрядного АЛУ и его б) подсистема (Subsystem)

Выводы: С помощью созданного блока рис. 1 б) подсистемы можно создавать устройства с наращиванием возможной разрядности, просто комбинируя и соединяя параллельно управляющие выходы. Соединенные таким образом подсистемы могут образовывать 4-х, 8, 16, 32 и высшие разрядности АЛУ, что можно использовать как в лабораторных работах на практических занятиях, так и при исследовательской деятельности студентами, магистрами и аспирантами.

### Литература

1. Дьяконов, В. П. MATLAB и SIMULINK для радиоинженеров / Дьяконов, В. П. – М.: ДМК, 2011, 976 с.
2. Информатика 2007 / ред. А. П. Алексеев. - М.: Солон-Пресс, 2007. 89 - 92 с.
3. Черных, И. В. Моделирование электротехнических устройств в Matlab, SimPowerSystems и Simulink.– М.: ДМК, 2014, 296 с.

## СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИМИТАЦИИ РЕЖИМОВ БОМБОМЕТАНИЯ

(Тамбовский государственный технический университет)

Бомбометание, применяемое с начала 19 века, активно используется и в наши дни. Эффективное бомбометание позволяет быстро и действенно подавлять силы противника и уничтожать точечные цели. Результат бомбометания зависит от нескольких параметров полета: скорости и высоты самолета и точности их выдерживания, углов пикирования и кабрирования, а также от способов бомбометания. Существует большое количество методов бомбометания, однако на сегодняшний день активно применяются следующие: горизонтальное метание, метание с пикированием и метание с кабрированием (рис. 1).



Рисунок 1 – Методики бомбометания: а) горизонтальное, б) с пикированием, в) с кабрированием

Эффективность поражения цели можно повысить, проведя многочисленные испытания и выявив оптимальные характеристики полета при сбрасывании авиабомб. Однако стоимость одного испытательного вылета требует больших материальных затрат, в связи с чем, сбор статистики превращается в крайне дорогостоящую процедуру. Для решения этой проблемы служит система моделирования и имитации режимов бомбометания. Система вычисляет координаты падения авиабомбы на основе входных значений: скорости и высоты полета, точности их выдерживания, угла пикирования или кабрирования, метода бомбометания, скорости ветра и параметров авиабомбы. Подавая в качестве входных параметров наборы с различными значениями величин, можно получить статистические данные, выявить зависимости и выбрать оптимальные параметры полета при различных погодных условиях, методах бомбометания и видах бомб.

Кроме определения оптимальных параметров для различных методов бомбометания и условий полета, важной задачей является отработка навыков



пилота еще будучи на земле при помощи специальных тренажеров летательных аппаратов. Система подыгрыша тренажера, электронный полигон, позволяет имитировать конкретные погодные и стратегические условия. По окончании имитации полета можно будет оценить действия пилота на соответствие с выбранными в ходе моделирования оптимальными параметрами для бомбометания и результат самого бомбометания. Система электронного полигона позволяет получить пилотам часть необходимых навыков по эффективному бомбометанию еще до того, как они поднимутся в воздух.

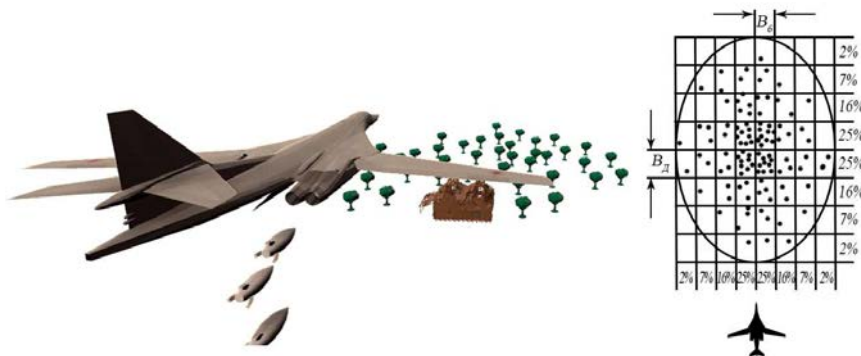


Рисунок 2 – Пример работы тренажера и результата бомбометания

Электронный полигон является частью системы моделирования и имитации режимов бомбометания. Ряд показателей, используемых при расчетах и оценке результатов тренажерных бомбометаний будут отражаться на электронном полигоне: относ бомбы для безветрия (1), относ бомбы при наличии ветра (2), угол прицеливания при отсутствии (3) и наличии (4) бокового ветра, сила сопротивления воздуха (5).

Относ бомбы для безветрия при бомбометании с горизонтального полета со средних и больших высот:

$$A = V \cdot T - \Delta, \quad (1)$$

где  $V$  – воздушная скорость,  $T$  – время падения бомбы,  $\Delta$  – линейное отставание.

Относ бомбы при наличии бокового ветра для бомбометания с горизонтального полета со средних и больших высот:

$$A = V \cdot T - \Delta \cdot \cos \gamma, \quad (2)$$

где  $V$  – воздушная скорость,  $T$  – время падения бомбы,  $\Delta$  – линейное отставание,  $\gamma$  – угол сноса.

Угол прицеливания для безветрия при бомбометании с горизонтального полета со средних и больших высот:

$$\tan \varphi = \frac{V \cdot T - \Delta}{H}, \quad (3)$$

где  $V$  – воздушная скорость,  $T$  – время падения бомбы,  $\Delta$  – линейное отставание,  $H$  – высота бомбометания.



Угол прицеливания при наличии бокового ветра для бомбометания с горизонтального полета со средних и больших высот:

$$\tan \varphi = \frac{V \cdot T - \Delta \cdot \cos \gamma}{H}, \quad (4)$$

где  $V$  – воздушная скорость,  $T$  – время падения бомбы,  $\Delta$  – линейное отставание,  $\gamma$  – угол сноса,  $H$  – высота бомбометания.

Линейное отставание вызвано действием силы сопротивления воздуха  $R$ , направленной противоположно скорости бомбы. Сила сопротивления воздуха:

$$R = k S \frac{\rho V^2}{2}, \quad (5)$$

где  $S$  – площадь наибольшего поперечного сечения бомбы,  $k$  – коэффициент сопротивления,  $\frac{\rho V^2}{2}$  – скоростной напор.

Оценка действий пилота и результатов учебных имитационных бомбометаний, выполняемых одиночными бомбами, оцениваются:

- при бомбометании с высот ниже 1000 м, по средним арифметическим  $X_{cp}$  (продольному) и  $Y_{cp}$  (боковому) отклонениям;
- при бомбометании с высот от 1000 м и выше, по средним арифметическим радиальным отклонениям  $B_{cp}$ .

Оценка выводится путем сравнения фактически полученных средних арифметических отклонений (продольных, боковых или радиальных) с расчетными  $X_{cp}$ ,  $Y_{cp}$ ,  $B_{cp}$  сравнительно для оценок «отлично», «хорошо» и «посредственно».

Фактические средние отклонения определяются на основании сведений полигона для высот ниже 1000 м по формулам:

$$X_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i|}{n}, \quad (6)$$

$$Y_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i|}{n}, \quad (7)$$

где  $x_i$  – продольное отклонение,  $y_i$  – боковое отклонение,  $n$  – число бомб.

Фактические средние отклонения определяются на основании сведений полигона для высот от 1000 м и выше по формуле:

$$B_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n r_i}{n}, \quad (8)$$

где  $r_i$  – величина радиального отклонения для каждой оцениваемой точки падения бомбы,  $n$  – число бомб.

При оценке качества результатов бомбометания по меткости должно быть выражено словами: «отлично», «хорошо», «посредственно», «неудовлетворительно». Оценка групповых учебных бомбометаний по ведущему одиночными бомбами или сериями бомб и посамолетно сериями бомб производится по количеству попаданий бомб в заданную цель путем сопоставления количества попавших в цель бомб с количеством возможных попаданий в эту цель при определенных условиях полета.

Количество возможных попаданий в заданную цель зависит от:

- размеров и конфигурации цели;
- высоты и скорости полета при бомбометании;



- метода бомбометания;
- количества бомб в серии или в залпе;
- числа заходов на цель каждым самолетом;
- вида боевого порядка при бомбометании группой;
- качества бомбардировочной подготовки ведущих экипажей, а при одиночном бомбометании – от подготовки каждого экипажа.

Общая оценка индивидуальных учебных бомбометаний, выполненных с высот ниже 1000 м, производится путем сопоставления оценок по дальности с оценками по направлению согласно таблице оценок бомбометания (табл. 1).

Таблица 1 – Оценка бомбометания

| Оценка по дальности | Оценка по направлению | Общая оценка        |
|---------------------|-----------------------|---------------------|
| Отлично             | Отлично               | Отлично             |
| Отлично             | Хорошо                | Хорошо              |
| Отлично             | Посредственно         | Хорошо              |
| Отлично             | Неудовлетворительно   | Неудовлетворительно |
| Хорошо              | Хорошо                | Хорошо              |
| Хорошо              | Посредственно         | Посредственно       |
| Хорошо              | Неудовлетворительно   | Неудовлетворительно |
| Посредственно       | Посредственно         | Посредственно       |
| Посредственно       | Неудовлетворительно   | Неудовлетворительно |

Система моделирования и имитации режимов бомбометания может облегчить и повысить эффективность обучения молодых специалистов, значительно уменьшить затраты на получение статистических данных результатов бомбометания, а также дает возможность анализировать еще не созданные методики бомбометаний.

### Литература

1. Боевая авиационная техника: Авиационное вооружение [Текст]: / Д.И. Гладков [и др.]. – М.: Воениздат, 1987. – 279 с.
2. Сафонов, Л.Г. – Баллистика авиационной бомбы [Текст]: учеб. пособие / Л.Г. Сафонов. – Челябинск: Типография ЧВВАУШ, 1987. – 98 с.
3. Юдовин, М.Я. – Теория прицеливания при бомбометании с горизонтального полета [Текст]: учеб. пособие / М.Я. Юдовин, В.А. Неуймин. – Челябинск: Типография ЧВВАУШ, 1987. – 76 с.
4. Бюшгенс, Г.С. – Динамика самолета. Пространственное движение [Текст]: учеб. пособие / Г.С. Бюшгенс, Р.В. Студнев. – М.: Машиностроение, 1983. – 320 с.



А.Ю. Привалов, А.А. Царёв

## ВЛИЯНИЕ МОДЕЛЕЙ ПОДВИЖНОСТИ УЗЛОВ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ DTN СЕТЕЙ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Наличие адекватной модели перемещений узлов в беспроводных сетях очень важно для корректной оценки производительности сетей в моделировании поведения реальных сетей. Это особенно важно для DTN сетей, т.к. они характеризуются короткими сеансами связи, перемещения узлов влияют на такие фундаментальные характеристики протоколов маршрутизации, как вероятность доставки сообщения и распределение вероятностей задержки доставки пакета. В последнее время [1-2] был представлен новый тип моделей, который можно обозначить как SLAW-подобные модели, способные одновременно смоделировать несколько важных особенностей реальных человеческих перемещений. Сравнения, сделанные в [1], показывают, что эти модели лучше моделей из [3-4] в моделировании особенностей реальных человеческих перемещений. Но в работе [5] показано, что SLAW-подобные модели требуют больше времени на вычисления. В данной работе показано, что гибридная модель обеспечивает весьма близкие к модели SLAW статистические характеристики протоколов маршрутизации (ITC, распределение вероятностей задержки доставки пакетов, вероятность доставки пакета).

SLAW-подобные модели рассматривают человеческую мобильность как прямолинейные переходы между путевыми точками, где люди останавливаются на определённый промежуток времени. Хорошо известно, например, [3], что дистанция между последовательными путевыми точками и время, проведённое в путевой точке, имеют распределение вероятностей близкое к распределению Леви. В SLAW-подобных моделях кластеры точек и параметр самоподобия (дисперсию) извлекаются из реальных трасс [2]. Когда генерируется трасса, её путевые точки распределяются внутри каждого кластера с использованием параметра самоподобия, полученного на основе реальной трассы. Как показано в работе [1], для обеспечения Леви распределения расстояния между последовательными путевыми точками, последние должны быть посещены согласно алгоритму LATP, и после посещения всех точек внутри кластера выбирается следующий кластер, тем же образом:

$$\Pr\{i \rightarrow j\} = \frac{\left(\frac{1}{d_{ij}}\right)^p}{\sum_{k \in (V-V)} \left(\frac{1}{d_{ik}}\right)^p} \quad (1)$$

где  $d_{ij}$  это евклидово расстояние от кластера  $i$  до  $j$ , параметр  $p$  фиксированное вещественное число со значениями  $[0; +\infty)$ , также  $V'$  это набор кластеров из  $V$ ,



которые уже были посещены. В модели два разных параметра  $p$  – один для путевых точек, второй для локаций. Фактически, для вычислений согласно LATP для  $N$  путевых точек требуется вычислить  $N(N-1)/2$  расстояний между путевыми точками, т.е.  $O(N^2)$  операций. Это может требовать большого количества времени, в то время как предлагаемая гибридная модель может преодолеть данный недостаток.

В начале моделирования каждый пользователь получает информацию о его трассе в виде набора кластеров, он выбирает первый кластер и выбирает случайную точку внутри в качестве стартовой. Затем он перемещается внутри кластера, совершая перемещения и паузы, соответствующие длине и длительности которых распределены по закону Леви:

$$f_x(x) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} \exp(-itx - |ct|^\alpha) dt \quad (2)$$

Обычно направление, выбираемое при генерации прыжка, имеет равномерное распределение, однако в гибридной модели при генерации прыжка используется такой выбор направления, чтобы избежать выхода за пределы кластера, если это возможно. Перемещения между кластерами, так же, как и в SLAW модели, совершаются согласно алгоритму LATP. Очевидно, что время вычислений при перемещениях внутри кластера пропорционально числу путевых точек внутри кластера, т.е.  $O(N)$ . Следовательно, для большого числа  $N$  мы можем ожидать, что данная модель будет быстрее, чем модель SLAW.

Для маршрутизации пакетов в DTN сетях используется несколько простых эвристик. Непосредственными соседями или просто соседями будем называть те узлы, которые имеют активное соединение с текущим узлом на данный момент. Эвристики должны принять решение о том, в каком направлении (какому соседу) посылать пакет, если непосредственное соединение с узлом назначения отсутствует. Если у узла  $i$  есть пакет, адресованный узлу  $j$ , то проверяется наличие непосредственного соединения с узлом  $j$  (эвристика передачи пакета в один прыжок). Если же в числе непосредственных соседей нет целевого узла, тогда пакет посылается первому попавшемуся узлу, который соединен с целевым (эвристика передачи пакета в два прыжка). Если ни одно из предыдущих условий не выполнилось, тогда решение пытается найти эвристика, которая посылает пакет от узла  $i$  тому непосредственному соседу, который позже всех (включая сравнение с текущим узлом  $i$ ) «видел» целевой узел  $j$  (то есть, имел активное соединение с этим узлом). Если таких узлов несколько, то пакет посылается случайному из них. Данная эвристика носит название LET – Last Encountered Time [6] и с её помощью в процессе маршрутизации передаваемый пакет «стремится догнать» свой пункт назначения.

Для сравнения результатов моделирования на основе гибридной модели и модели SLAW, данные модели были реализованы в среде имитационного моделирования OMNET++ с помощью фреймворка INET (подробнее описано в работе [5]). Цель экспериментов – сравнить основные характеристики протоколов маршрутизации: распределение вероятностей ICT, распределение вероятностей задержки доставки пакетов или распределение времени жизни пакетов TTL и



вероятность доставки пакета – для разных моделей мобильности, чтобы показать адекватность предложенной нами гибридной модели, не меньшую чем у SLAW модели, а также большую эффективность гибридной модели в смысле затрат вычислительных ресурсов [5]. Далее представлены результаты для двух наборов данных из коллекции [7]: KAIST и NCSU. Обе модели запускались для 30 узлов на протяжении 24 модельных часов. На рисунках 1-2 изображены функции распределений CCDF для времени взаимодействия узлов (inter-contact time (ICT)) и времени жизни пакетов (time to live (TTL)). Они показывают, что гибридная модель имеет схожие результаты по обеспечению характеристик ICT и TTL. Оценка вероятности доставки пакета для обеих территорий представлена в Таблице 1.

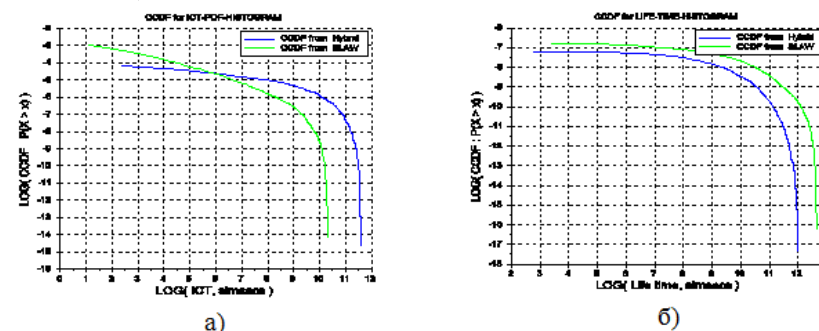


Рис. 1. Распределение ICT (а) и TTL (б) на KAIST

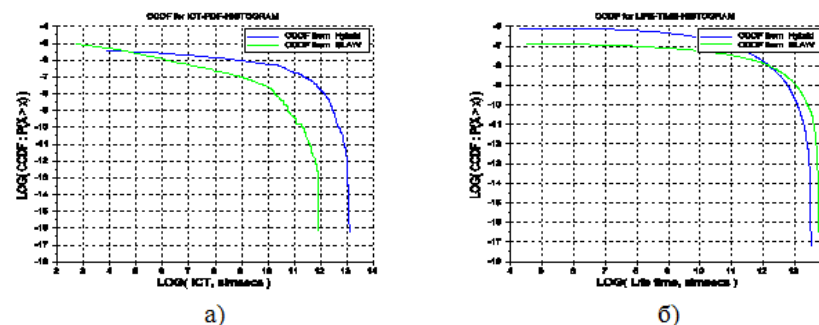


Рис. 2. Распределение ICT (а) и TTL (б) на NCSU

Табл. 1. Оценка вероятности доставки пакета

| Набор данных | SLAW модель | Гибридная модель |
|--------------|-------------|------------------|
| KAIST        | 0.93        | 0.79             |
| NCSU         | 0.78        | 0.76             |





Представлена гибридная модель человеческой мобильности. Данная модель воспроизводит такие важные характеристики реальных перемещений, как распределение Леви расстояний между последовательными путевыми точками и кластеризацию путевых точек, а также является более быстрой в моделировании, чем SLAW модель, считающаяся в настоящее время одной из самых адекватных моделей человеческой мобильности. Адекватность предложенной гибридной модели демонстрируется сравнением характеристик протоколов маршрутизации при их работе в DTN сети, мобильность узлов в которой моделируется с помощью двух указанных выше моделей. Для обеих моделей характеристики протоколов оказываются весьма близкими. При этом, гибридная модель даёт, как правило, худшие оценки параметрам работы протоколов, и потому её результаты могут служить в качестве консервативных оценок для реальных значений параметров. Таким образом, в силу хорошей адекватности и большей вычислительной эффективности, гибридная модель имеет преимущество перед SLAW при моделировании DTN сетей с большим количеством узлов.

### Литература

1. Lee K. SLAW: Self-Similar Least-Action Human Walk / K. Lee, S. Hong, S.J. Kim, I. Rhee, S. Chong // IEEE/ACM Trans. on Networking. – 2012. Vol. 20(2). – P. 515-529.
2. Lee K. Demystifying Levy Walk Patterns in Human Walks / K. Lee, S. Hong, S.J. Kim, I. Rhee, S. Chong. // Technical Report (CSC, NCSU). – [Электронный ресурс]. – 2008. – URL: [https://www.csc.ncsu.edu/research/tech/reports.php/Demystifying\\_Levy\\_Walk\\_Patterns.pdf](https://www.csc.ncsu.edu/research/tech/reports.php/Demystifying_Levy_Walk_Patterns.pdf) (дата обращения 20.03.2016).
3. Rhee I. On the Levy-walk nature of human mobility / I. Rhee, M. Shin, S. Hong, K. Lee, S.J. Kim, S. Chong. // IEEE/ACM Trans. on Networking. – 2011. – Vol. 19(3). – P. 630-643.
4. Lim S. Clustered mobility model for scale-free wireless networks / S. Lim, C. Yu, C.R. Das // Proc. IEEE LCN 2006 (Tampa, FL, Nov.). 2006. – P. 231-238.
5. Privalov A.Yu. Hybrid Model of Human Mobility for DTN Network Simulation / A.Yu. Privalov, A.A. Tsarev // (доклад принят на 30th European Conference on Modelling and Simulation). 2016.
6. Dubois-Ferriere H. Age matters: Efficient route discovery in mobile ad hoc networks using encounter ages / H. Dubois-Ferriere, M. Grossglauser, M. Vetterli // In Proc. ACM MobiHoc, Annapolis, MD. Jun. 2003. – P. 257-266.
7. Kotz D. Community Resource for Archiving Wireless Data at Dartmouth. Dartmouth College. [Электронный ресурс]. – 2015. – URL: <http://www.crawdad.org/index.html> (дата обращения 20.03.2016)



А.И. Пугачев

### МОДЕЛЬ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

(Самарский государственный технический университет)

Типовая структура перерабатывающего предприятия включает несколько производственных участков (цехов), один из которых выпускает готовую продукцию, а остальные являются вспомогательными и выпускают собственные ресурсы, необходимые как для своего функционирования, так и для работы других участков. Наряду с внутренним потреблением отдельные собственные ресурсы могут реализовываться так же, как и готовая продукция. Примером собственных ресурсов может служить теплоэнергия.

Для перерабатывающих предприятий характерен короткий цикл производства, как готовой продукции, так и собственных ресурсов, что позволяет пренебречь остатками незавершенного производства, а также запасами ресурсов внутри производственных участков.

Основная проблема учета выпуска собственных ресурсов и готовой продукции заключается в том, что в состав общих затрат всякого производственного участка наряду с прямыми производственными затратами С входят также затраты в виде себестоимости одного или нескольких видов потребляемых собственных ресурсов, включая и ресурсы, выработанные в самом подразделении [1, 2]. Сложные маршруты движения ресурсов, включая циклические участки, серьезно усложняют расчет их себестоимости, а, следовательно, и себестоимости готовой продукции.

Рассмотрим предприятие, в составе которого имеется  $m$  производственных участков  $P_i$ , производящих  $n$  видов ресурсов, причем каждый участок производство может выпускать несколько видов ресурсов. Для моделирования нет принципиальной разницы между учетом собственных ресурсов и учетом готовой продукции. Поэтому, обобщая, будем говорить о выпуске каждым участком одного или нескольких ресурсов.

На рис. 1 приведен пример структуры перерабатывающего предприятия, включающего вспомогательные участки  $P_1$ ,  $P_2$  и участок  $P_3$  выпуска готовой продукции.

Ресурс  $r$ , выработанный за период  $\Delta t$ , характеризуется количеством  $b$  и стоимостью  $s$ , т.е.  $r = (b, s)$ . Выпуск ресурсов всеми участками представим как

$$R_i = (r_{iu} | u \in \overline{1, n}) = ((b_{iu}, s_{iu}) | u \in \overline{1, n}), \quad i \in \overline{1, m}. \quad (1)$$

Движение ресурсов в стоимостном выражении отражает следующее уравнение:

$$C_i + \sum_{j=1}^m S_{ji} = \sum_{j=1}^m S_{ij} + S_{i0}, \quad i \in \overline{1, m}, \quad (2)$$

где  $C_i = (c_{iu} | u \in \overline{1, n})$  обозначает затраты участка  $P_i$  в течение периода  $\Delta t$  на вы-





пуск соответствующих видов ресурсов без учета себестоимости ресурсов, полученных из других участков;  $S_{ij} = (s_{iju} | u \in \overline{1, n})$  – вектор себестоимости ресурсов, распределенных из  $P_i$  в  $P_j$ ;  $S_{i0} = (s_{i0u} | u \in \overline{1, n})$  – вектор себестоимости ресурсов, переданных из  $P_i$  на реализацию.

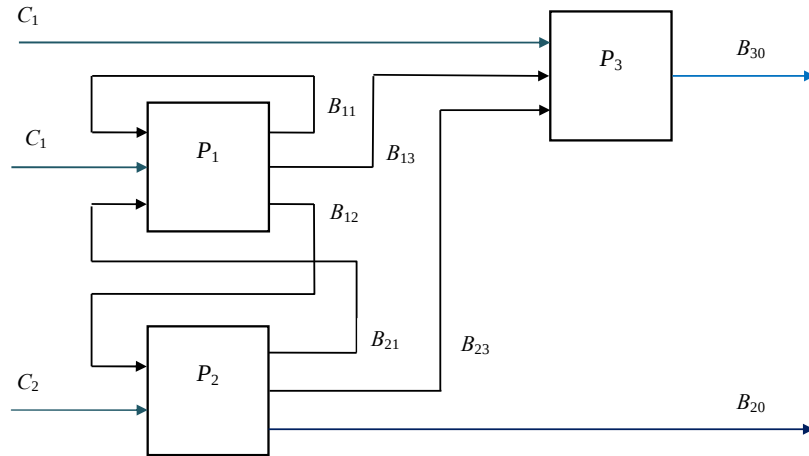


Рис. 1

Правая часть уравнения (2) отражает распределение себестоимости ресурсов по потребителям. Левая часть соответствует полным затратам подразделений на выпуск ресурсов, поэтому себестоимость  $S_i = (s_{iu} | u \in \overline{1, n})$  ресурсов, выработанных  $i$ -м подразделением, определяется как  $S_i = C_i + \sum_{j=1}^m S_{ji}$ , причем вектор  $C_i$  известен.

В количественном выражении модель движения ресурсов за период  $\Delta t$  можно представить как

$$B_i = \sum_{j=1}^m B_{ij} + B_{i0}, i \in \overline{1, m}, \quad (3)$$

где  $B_i = (b_{iu} | u \in \overline{1, n})$  – вектор выпуска ресурсов участком  $P_i$ ,  $B_{ij} = (b_{iju} | u \in \overline{1, n})$  – вектор распределения ресурсов из  $P_i$  в  $P_j$  в количественном выражении,  $B_{i0} = (b_{i0u} | u \in \overline{1, n})$  – вектор представляет передачу ресурсов из  $P_i$  на реализацию.

Количественное движение ресурсов между участками в процессе производства всегда фиксируется, поэтому соотношение (3) по сути выражает баланс выработки и распределения ресурсов на предприятии. В частности для участка  $P_k$ , выпускающего готовую продукцию,  $B_k = B_{k0}$ .

Модель допускает, что каждый участок  $P_i$  может производить весь спектр ресурсов  $R = (r_u | u \in \overline{1, n})$ , хотя на практике каждый вид продукции чаще



всего выпускается одним участком. Это значит лишь, что векторы  $S_{ji}$  левой части уравнения (2) в основном будут содержать нулевые элементы. Так же большинство участков  $P_i$  потребляют лишь отдельные виды из всего спектра вырабатываемых ресурсов.

Представим (2) в скалярном виде, приведя к стандартному виду:

$$\sum_{j=1}^m s_{iju} - \sum_{j=1}^m s_{jiu} + s_{i0u} = c_{iu}, i \in \overline{1, m}, u \in \overline{1, n}. \quad (4)$$

Чтобы система уравнений (4) была разрешима, сократим число неизвестных, введя новые неизвестные

$$x_{iu} = \frac{s_{iu}}{b_{iu}}, i \in \overline{1, m}, u \in \overline{1, n}, \quad (5)$$

соответствующие себестоимости единицы ресурса каждого вида.

Тогда

$$s_{iju} = x_{iu} b_{iju}, i, j \in \overline{1, m}, u \in \overline{1, n}; \quad (6)$$

$$s_{jiu} = x_{ju} b_{jiu}, i, j \in \overline{1, m}, u \in \overline{1, n}; \quad (7)$$

$$s_{i0u} = x_{iu} b_{i0u}, i, j \in \overline{1, m}, u \in \overline{1, n}. \quad (8)$$

Используя эти соотношения, произведем в системе (4) замену неизвестных:

$$\sum_{j=1}^m (b_{iju} x_{iu}) - \sum_{j=1}^m (b_{jiu} x_{ju}) + b_{i0u} x_{iu} = c_{iu}, i \in \overline{1, m}, u \in \overline{1, n}. \quad (9)$$

Отсюда

$$(b_{i0u} + \sum_{j=1}^m b_{iju}) x_{iu} - \sum_{j=1}^m (b_{jiu} x_{ju}) = c_{iu}, i \in \overline{1, m}, u \in \overline{1, n}. \quad (10)$$

Из (3) следует, что  $b_{i0u} + \sum_{j=1}^m b_{iju} = b_i$ . Тогда окончательно имеем

$$b_i x_{iu} + \sum_{j=1}^m (b_{jiu} x_{ju}) = c_{iu}, i \in \overline{1, m}, u \in \overline{1, n}. \quad (11)$$

Получив решение системы (11), себестоимость готовой продукции и собственных ресурсов всех видов можно найти, используя соотношения (6) – (8).

### Литература

1. Пугачев А.И. Системный анализ перерабатывающего предприятия [Текст] / А.И. Пугачев // Компьютерные технологии в науке, практике и образовании: труды седьмой Всероссийской межвузовской науч.-практич. конф. – Самара: СамГТУ, 2008. – с. 113-115.

2. Пугачев А.И. Модель производства и распределения ресурсов [Текст] / А.И. Пугачев // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2013): труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2013– с. 360 - 363



Ю.Д. Ревина, С.Д. Туровец

## ОТОБРАЖЕНИЕ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО И ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПОДСИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НА ГРАФЕ СОСТОЯНИЙ

(Самарский государственный технический университет)

Рассматривается случай представления системы массового обслуживания (СМО) в виде композиции некоторого числа подсистем более простого вида.

При параллельном соединении неразличимых каналов обслуживания (которые имеют одинаковую пропускную способность и общую очередь [1-5]) граф состояний СМО является линейным графом процесса гибели и размножения.

Орграф последовательного соединения неразличимых каналов имеет такой же вид за исключением разметки дуг, отвечающих за переход к состоянию, отвечающему возрастанию числа заявок в системе. При этом интенсивность перехода падает из-за наличия ненулевой вероятности отказа (в СМО с отказами).

Учёт различимости каналов приводит к значительному усложнению топологии графа состояний составной СМО [1-5].

**Параллельное соединение.** Рассмотрим две подсистемы  $ПС_1$  и  $ПС_2$ , состоящие соответственно из  $n_1$  и  $n_2$  каналов, неразличимых внутри своей подсистемы, соединены параллельно. Все возможные состояния такой СМО представим таблицей с  $n_1$  строками и  $n_2$  столбцами. Таким образом, данная СМО имеет  $n_1 n_2$  состояний, образующих вершины графа с размеченными дугами переходов, размещёнными горизонтально либо вертикально. Разметка дуг этого орграфа определяется как пропускными способностями каналов подсистем  $ПС_1$  и  $ПС_2$ , так и диспетчеризацией (протоколом разделения) входящих заявок данной СМО между подсистемами [1-5].

В случае параллельного соединения трёх подсистем  $ПС_1$ ,  $ПС_2$ ,  $ПС_3$ , получим граф с  $n_1 n_2 n_3$  вершинами, образующими 3-мерную решётку с соответствующими размеченными ортогональными дугами. Аналогично строится граф состояний СМО, образованной большим числом параллельно соединённых подсистем.

**Последовательное соединение.** Рассмотрим последовательное соединение двух подсистем  $ПС_1$  и  $ПС_2$ , состоящих соответственно из  $n_1$  и  $n_2$  каналов, неразличимых внутри своей подсистемы. Все возможные состояния такой СМО так же представимы таблицей с  $n_1$  строками и  $n_2$  столбцами. Таким образом, данная СМО имеет  $n_1 n_2$  состояний, образующих вершины графа с размеченными дугами переходов. В отличие от предыдущего случая ряд дуг, отвечающих за переход заявки, обработанной в подсистеме  $ПС_1$ , в подсистему  $ПС_2$ , будет направлен по диагонали соответствующей клетки. Это объясняется свершением



двух переходов за один такт работы СМО: выход «полуобслуженной» заявки из подсистемы  $ПС_1$  и её вход в подсистему  $ПС_2$ . Разметка дуг орграфа состояний СМО вновь зависит от пропускной способности каналов подсистем  $ПС_1$  и  $ПС_2$ . Кроме того, на неё влияет вероятность отказа в подсистеме  $ПС_2$ . С другой стороны, отпадает необходимость в диспетчеризации входящих заявок данной СМО.

При последовательном соединении трёх подсистем  $ПС_1$ ,  $ПС_2$ ,  $ПС_3$ , получим граф с  $n_1 n_2 n_3$  вершинами, образующими 3-мерную решётку. Однако в отличие от случая параллельного соединения можно представить эту решётку 2-мерно и планарно, причём только с ортогональным расположением дуг переходов. Аналогично строится граф состояний СМО, образованной большим числом последовательно соединённых подсистем.

Сочетание параллельного и последовательного соединения подсистем, содержащих неразличимые каналы, позволяет представить практически любую СМО стандартным образом и упростить анализ её свойств.

Соответствующие булевы функции, реализующие имитацию СМО конечными автоматами, позволяют получить статистически значимые оценки предельных вероятностей состояний СМО с помощью вычислительной техники [4,5].

Особый интерес представляет подбор диспетчеризации входных заявок, необходимой при наличии различных каналов обслуживания, соединённых параллельно. Возможен учёт самых разнообразных критериев оптимизации данной СМО: минимизация вероятности отказов или простоев, максимизация пропускной способности СМО и др.

## Литература

1. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Аналитическое описание систем массового обслуживания с использованием колец вычетов / «Математическое моделирование и краевые задачи». Труды VII Всероссийской научной конференции. Ч.2. – Самара, Изд-во СамГТУ, 2010. – С. 136-139.
2. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Система массового обслуживания с различными каналами как конечный автомат / «Математическое моделирование и краевые задачи». Труды VIII Всероссийской научной конференции. Ч.2. – Самара, Изд-во СамГТУ, 2011. – С. 178-180.
3. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Система массового обслуживания с различными каналами как конечный автомат / Вестник СамГТУ Серия «Физ.-мат. науки», №3(28). – Самара, Изд-во СамГТУ, 2012. – С. 114-124.
4. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Комплекс программ имитационного моделирования работы системы массового обслуживания с неоднородными приборами и отдельными накопителями / Вестник СамГТУ Серия «Физ.-мат. науки», №2(31). – Самара, Изд-во СамГТУ, 2013. – С. 50-57.
5. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Моделирование конечными автоматами систем массового обслуживания с различными каналами / Известия СНЦ РАН, т.16, №4(2). – Самара, Изд-во СНЦ РАН, 2014. – С. 318-321.



Н.В. Решетникова, И.Г. Криволапчук

# АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПЛАТФОРМОЙ АВИАЦИОННОГО ТРЕНАЖЕРА

(Санкт-Петербургский государственный университет  
аэрокосмического приборостроения)

Одним из путей повышения уровня подготовки лётных экипажей является интенсивное использование тренажерных комплексов на всех этапах подготовки - от первоначального обучения и переучивания на тип до регулярных тренировок действующих пилотов. Основное место в подготовке линейных пилотов занимают так называемые комплексные тренажерные системы. Отличительной особенностью подобных тренажеров, кроме высокоточной математической модели и полной реплики кабины, является наличие системы подвижности для имитации вибро- и акселерационных воздействий, способствующих созданию более полной сенсорной картины полёта. Весь комплекс средств позволяет существенно сократить, а в некоторых случаях и полностью исключить необходимость налета на реальных ВС, что, в свою очередь, не только заметно удешевляет программу подготовки, но и позволяет существенно расширить её.

В современных авиационных тренажерах для обеспечения подвижности наибольшее распространение получили два варианта подвижных платформ. Наиболее совершенные комплексные системы (Level-D) оснащаются платформой Гью-Стюарта, обеспечивающей движение кабины по шести координатам (6DOF). В более простых системах (Level-A, FTD) применяются платформы с тремя степенями свободы (3DOF).

В основе системы управления подвижной платформой лежат особенности восприятия человеком движения и особенности движения летательного аппарата (ЛА) в пространстве. Известно [1], что человек воспринимает свое пространственное положение и движение посредством вестибулярного аппарата, имеющего два вида рецепторов – “датчиков движения”. Первый вид – полуциркулярные каналы – реагирует на вращательное движение, второй – отолиты, на инерционные силы. Устройство рецепторов таково, что они реагируют только на изменение соответствующих воздействия, имея при этом некоторую зону нечувствительности.

Схема алгоритма управления платформой – формирующего фильтра (ФФ, “washout algorithm” в англоязычной терминологии) [2], построенного с учетом описанных выше особенностей, приведена на рис. 1. На этой схеме М – блоки масштабирования и преобразования координат, ФВЧ и ФНЧ – соответственно фильтры высоких и низких частот, О – ограничитель, ∫ – блоки интегрирования. Входными сигналами фильтра являются векторы сил  $\mathbf{a}$  и угловых скоростей  $\boldsymbol{\omega}$ , выходными – сигналы линейных  $\mathbf{L}$  и угловых  $\boldsymbol{\theta}$  перемещений. Фильтр содержит два прямых канала, содержащих фильтры высоких частот, для имитации изме-



няющихся акселерационных воздействий и вращений ЛА, и один перекрестный низкочастотный канал для имитации статических нагрузок наклоном платформы.

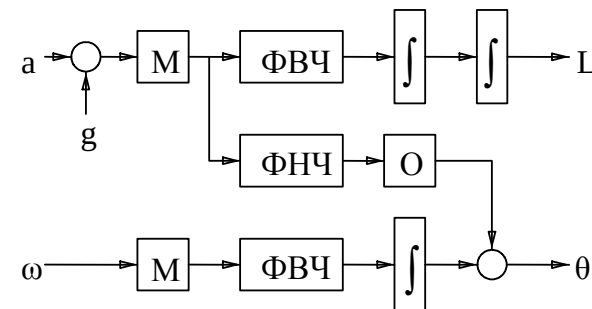


Рис. 1. Классический формирующий фильтр

Ограничитель в низкочастотном канале необходим для исключения влияния статического сигнала на рецепторы, отвечающие за восприятие вращения. В качестве ВЧ- и НЧ-фильтров обычно используются звенья 2-го порядка. Настройка параметров фильтров производится в соответствии с характеристиками имитируемого ЛА и характерными режимами его полетов.

Серьезное влияние на качество работы тренажера оказывают конструктивные особенности конкретной платформы, и в первую очередь – ограничения по перемещению. В большей степени это относится к 3DOF платформам, имеющим, как правило, существенно меньшую длину актуаторов. Статические настройки фильтра также не позволяют обрабатывать весь возможный диапазон входных сигналов с одинаковым качеством. Для решения имеющихся проблем могут быть использованы методы оптимизации структуры и параметров формирующего фильтра [3,4] или включение в его состав адаптивных элементов, позволяющих в процессе работы подстраивать параметры под текущие условия.

Известно, что восприятие одного и того же приращения воздействия зависит от среднего значения этого воздействия, при высоком среднем уровне наблюдается эффект маскировки. Наличие такого эффекта позволяет использовать компрессию входного сигнала в верхней части рабочего диапазона, тем самым снижая вероятность выхода на механические ограничения. В качестве масштабирующих функций для компрессии, подходящих во многих случаях, могут использоваться параметрические кривые или полиномы 2-4-го порядков. Так в [4] предлагается использовать кубический полином вида

$$y = c_1 x + c_2 x^2 + c_3 x^3.$$

Коэффициенты полинома определяют начальное значение коэффициента передачи ( $c_1$ ), и форму кривой ( $c_2, c_3$ ). Для вычисления коэффициентов необходимо определить максимальное значение входного сигнала  $x_{\max}$  и значение производной в этой точке, задающее конечное значение коэффициента передачи. К не-



достаткам подобного компрессора можно отнести отсутствие зоны с постоянным коэффициентом передачи и зависимость этого коэффициента только от одного входного сигнала. Лучшие результаты, по мнению авторов, можно получить при использовании в качестве регулятора коэффициента передачи машины логических выводов (МЛВ) на основе нечетких (fuzzy) или приближенных (rough) [5] множеств. Возможно использование МЛВ с динамическими переменными.

Рис. 2 иллюстрирует применение кубического полинома (кривая 1 на рис. 2) и МЛВ (кривая 2 на рис. 2) в качестве масштабирующей функции. Коэффициент передачи в примере плавно изменяется на рабочем интервале от 1 до 0.2. В варианте с МЛВ в зоне малых сигналов предусмотрен интервал с постоянным значением коэффициента передачи. Для сравнения на том же рисунке приведена линейная масштабирующая функция с ограничением.

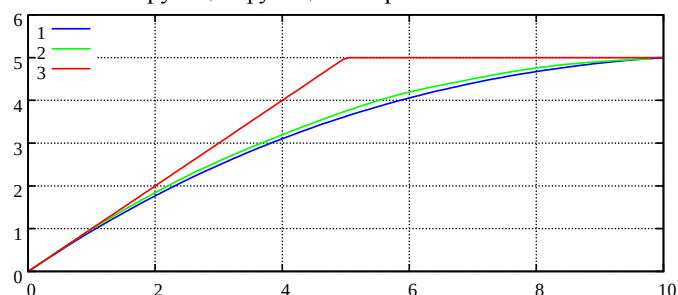


Рис. 2. Пример функций для нелинейного масштабирования

В качестве основы для построения системы коррекции параметров формирующего фильтра в процессе работы предлагается использовать структурную схему, приведенную на рис. 3. На этом рисунке ВА – модель вестибулярного аппарата, ФФ – формирующий фильтр, П – звено, описывающее динамику подвижной платформы, МЛВ – машина логических выводов, отвечающая за подстройку параметров фильтров. Корректирующий сигнал формируется на основе разности  $\delta$  сигналов от двух идентичных моделей вестибулярного аппарата, получающих входную информацию по разным каналам.

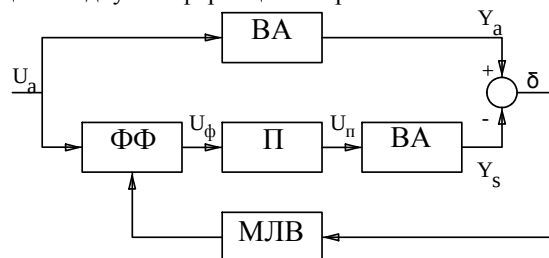


Рис. 3. Формирование сигнала подстройки фильтров



Сигнал  $Y_a$  формируется в сквозном канале, в котором вектор воздействий  $U_a$  передается от модели летательного аппарата непосредственно на модель вестибулярного аппарата.

Вторая модель вестибулярного аппарата формирует сигнал  $Y_s$  на основе вектора воздействий  $U_\pi$ , получаемого от подвижной платформы. В свою очередь, платформа управляется сигналом  $U_\phi$  от формирующего фильтра, выработанным на основе вектора воздействий ЛА. Машина логических выводов на основе набора правил формирует сигнал, изменяющий значение частоты среза высокочастотных фильтров. Корректирующий сигнал представляет собой не абсолютное значение частоты среза, а направление и скорость её изменения.

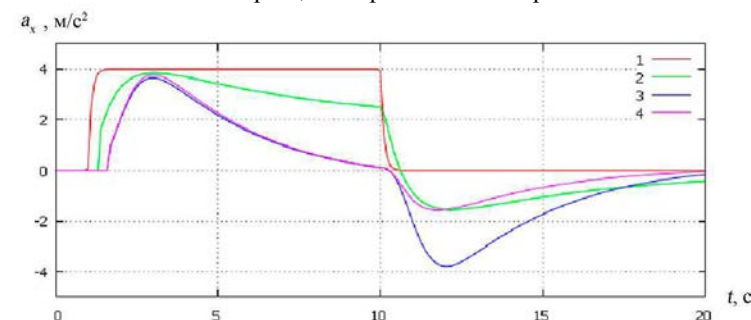


Рис. 4. Результаты моделирования

Сравнение результатов моделирования формирующего фильтра со статической настройкой и фильтра с подстройкой параметров на основе fuzzy-МЛВ представлено на рис. 4, где 1 – входное воздействие, 2 – сигнал на выходе сквозного вестибулярного канала, 3 – сигнал на выходе классического фильтра, 4 – результат работы адаптивного фильтра. Приведены результаты моделирования для канала продольной силы. В качестве входного сигнала использован сглаженный прямоугольный импульс, имитирующий тягу двигателей при прерванном взлете. Из графиков видно, что сигнал адаптивного фильтра имеет фронт и пиковые значения более близкие к сигналу сквозного канала по сравнению со статическим при тех же начальных настройках. Так как именно эти показатели в большой степени определяют восприятие, можно сделать вывод, что субъективные ощущения при использовании адаптивного фильтра в контуре управления подвижной платформой будут в большей мере соответствовать ощущениям при реальном полете.

По результатам моделирования можно сделать вывод, что использование активной подстройки параметров формирующего фильтра позволяет заметно улучшить точность воспроизведения акселерационных воздействий. Применение даже простейших пассивных средств адаптации, таких как нелинейное масштабирование входных сигналов, позволяет расширить динамический диапазон платформы, предотвращая при этом её выход на механические ограничения. Применение МЛВ может оказаться полезным не только для управления



параметрами формирующего фильтра, но и в подсистеме, управляющей движением актуаторов платформы. Также интересным представляется построение формирующего фильтра полностью на основе технологий нечеткого или приближенного управления.

### Литература

1. R.A. Peters, Dynamics of the vestibular system and their relation to motion perception, spatial disorientation and illusions. Technical report NASA-CR-1309, NASA Ames Research Center, 1969.
2. S.F. Schmidt, B. Conrad, Motion Drive Signals for Piloted Flight Simulators. Technical report NASA-CR-1601, May 1970.
3. L.D. Reid, M.A. Nahon Flight simulation motion-base drive algorithms. Part 1, 2. UTIAS Report №307, May 1986.
4. R.J. Telban, F.M. Cardullo, Motion cueing algorithm development: human-centered linear and nonlinear approaches. Technical report NASA-CR-2005-213747, Langley Research Center, May 2005.
5. Z. Pawłak, Rough sets. International Journal of Computer and Information Sciences, No.11, pp.341-356, 1982.

Д.В. Самойлова

### МОДЕЛЬ РАЗДЕЛЕНИЯ СЕТЕВОЙ ЗАДЕРЖКИ ПАКЕТОВ НА ФИЗИЧЕСКУЮ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННУЮ КОМПОНЕНТЫ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Современные телекоммуникации предъявляют требования к качеству соединений. Для оценки качества соединений разработаны стандарты IETF, объединённые под общим названием IPPM. IP Performance Metrics (IPPM) – это метрики, которые описывают качество, производительность, и надёжность приложений, доставляющих данные через Интернет. Основными IPPM метриками являются: односторонняя задержка (OWD), двусторонняя задержка (RTT), джиттер (вариация задержки), потеря пакетов, доступная полоса [1]. По стандарту ITU-T Y.1541 средняя задержка передачи пакетов не более 100 (мс) и джиттер не более 50 (мс) для приложения реального времени, чувствительные к джиттеру, характеризуемые высоким уровнем интерактивности, а для интерактивных приложений с использованием спутниковой линии связи не более 400 (мс) и не более 50 (мс) соответственно [2].

Задержка пакетов является важным параметром производительности и быстродействия компьютерной сети. Исследование задержки пакетов важно для задач математического моделирования передачи трафика по сети, систем реального времени, а также для исследования характеристик производительности сетей. Задержка используется в оценивании качества сети для VoIP-голос,



VoIP-видео, интернет – телевидения и других приложений реального времени [3].

Для всех вышеперечисленных приложений требуется знать тип распределения задержки пакетов. В данной области было проведено много исследований. В 1999 году Elteto и Molnar провели исследования двухсторонней задержки в сети оператора Эриксон. Тип распределения соответствовал усечённому нормальному распределению с некоторыми нарушениями [4]. Исследования проводились и с помощью специального измерительного механизма NetTestBox, разработанного в СГАУ [5]. В ходе данных исследований был сделан вывод, что для описания процессов задержки пакетов в глобальных сетях, следует выбирать экспоненциальное распределение [6].

Целью данной работы, является модернизация генерирующей функции для односторонней задержки, с достаточной точностью аппроксимирующей экспериментальные данные, полученные в ходе исследования. Для этого необходимо уточнить тип распределения задержки.

Одним из основных понятий является определение односторонней задержки пакетов (one-way delay). Односторонняя задержка пакетов – это время необходимое для передачи пакета по сети от источника до получателя [7]. При этом отсчеты времени должны быть синхронизированы для достижения хотя бы минимальной точности.

Исследования показали, что компоненты задержки  $D$  имеет разную природу. В ней можно выделить две основных составляющих, физическую и телекоммуникационную компоненты. Постоянная составляющая даёт оценку сверху для физической компоненты задержки  $D_{phys}$  ( $D_{phys} \leq D_{min}$ ). Переменная часть может быть использована для описания телекоммуникационной компоненты [2].

$$D = D_{phys} + D_{tel}$$

Телекоммуникационная компонента описывается теорией массового обслуживания, в ней можно выделить два основных члена:

$$D_{tel} = \frac{W}{B} + d_{var}$$

где  $W$  – размер пакета,  $B$  – доступная полоса пропускания,  $d_{var}$  – переменная часть задержки при фиксированном размере пакета.

Для уточнения типа распределения переменной компоненты задержки  $d_{var}$  необходимо провести большое количество измерений с высокой точностью. Главной проблемой является высокая точность измерения задержки, которая может быть достигнута только при синхронизации времени на обоих концах маршрута.

NetTestBox - аппаратно-программный комплекс, который измеряет одностороннюю задержку, джиттер, потери пакетов и доступную полосу пропускания между удалёнными узлами. Данная измерительная технология использует синхронизацию времени с помощью GPS/ГЛОНАСС приемников [5]. Пока задействовано четыре измерительных узла. В качестве основного маршрута был взят маршрут Самара – университет Миссури, Колумбия, США.



На основе полученных данных от NetTestBox была построена функция распределения для сетевой задержки  $D$   $F(D) = P(\alpha \leq D)$ . В результате построения получено экспериментальное распределение, которое приведено на рисунке 1.

Для построения теоретической зависимости была выбрана сумма усеченного нормального и экспоненциального распределений с весовым коэффициентом  $k=0.1$ :

$$F(D) = kF^u(D) + (1-k)F^e(D)$$

где  $F^u(D)$  - компонента, распределенная по усеченному нормальному закону,  $F^e(D)$  - компонента, распределенная по экспоненциальному закону.

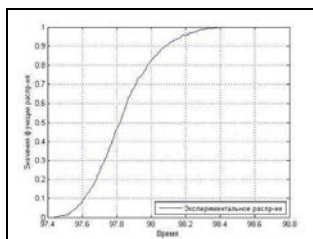


Рисунок 1 – Экспериментальное распределение OWD

Ключевым этапом проверки гипотез об аппроксимации экспериментальных данных с помощью рассматриваемых функций распределения в данной работе служит критерий Хи-квадрат. Основные этапы проверки приведены далее. На первом этапе все данные разбиваем на  $N$  интервалов:

$$N = \lfloor 1 + 3.32 \cdot \lg n \rfloor + 1,$$

где  $n$  – объем выборки.

При разбиении значений по интервалам следует учесть, что минимальное число значений в интервале равно 5 [8]. Для вычисления статистики критерия воспользуемся формулой:

где  $N$  – число интервалов разбиения,  $n$  – объем выборки,  $V_i$  – число значений в  $i$ -ом интервале,  $P_i$  – теоретическая вероятность попадания значений выборки в интервал.

В результате расчетов получили, что . Для того чтобы принять или отвергнуть статистическую гипотезу необходимо данное значение сравнить с пороговым значением критерия. Пороговое значение находится по формуле:

где  $N$  – число интервалов разбиения,  $\alpha$  - уровень значимости.

Для уровня значимости  $\alpha = 0,01$  получаем, что , так как , следовательно, гипотеза принимается. На рисунке 2 изображено теоритическое и экспериментальное распределение.

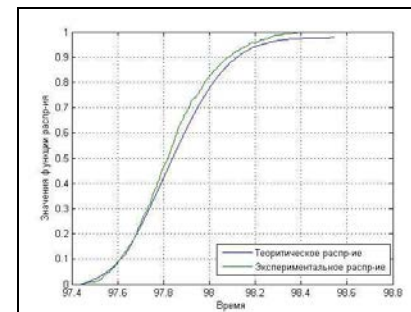


Рисунок 2 – Теоритическое и экспериментальное распределение OWD

В результате проведенных тестов установлено, что модернизированное распределение, состоящее из суммы экспоненциального и усеченного нормального распределений с весовыми коэффициентами, можно рассматривать, как истинное описание сетевой задержки. Следует отметить, что временной интервал в течение, которого собирались данные, равен 9 часам.

### Литература

1. Paxson V. et al. IETF RFC 2330: Framework for IP performance metrics. – 1998.
2. Rec I. T. U. Y. 1541: Network Performance Objectives for IP-Based Services //International Telecommunication Union, ITU-T. – 2003.
3. Calyam P., Lee C. G. Characterizing voice and video traffic behavior over the Internet //International Symposium on Computer and Information Sciences (ISCIS). – 2005.
4. Eltetö T., Molnar S. On the distribution of round-trip delays in TCP/IP networks //Local Computer Networks, 1999. LCN'99. Conference on. – IEEE, 1999. – С. 172-181.
5. Vinogradov N. I., Sagatov E. S., Sukhov A. M. Device for measuring one-way network delay with microsecond accuracy //Telecommunications Forum Telfor (TELFOR), 2015 23rd. – IEEE, 2015. – С. 133-136.
6. Sukhov A.M., Astrakhantseva M.A., Pervitsky A.K., Boldyrev S.S., Bukatov A.A., Generating a Function for Network Delay, will be published in Journal of High Speed Networks
7. Almes G., Kalidindi S., Zekauskas M. RFC 2679: A one-way delay metric for IPPM //Internet Society (Sep. 1999). – 1999. – С. 1-20.
8. Денискина Е. А., Коломиец П. Э. Статистический анализ данных: Методические указания к расчетной работе / СГАУ Самара, 2004.





В.Б. Сахибазарова, О.Н. Наумов

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ТРОСОВОЙ СИСТЕМЫ В НЕЦЕНТРАЛЬНОМ ГРАВИТАЦИОННОМ ПОЛЕ ЗЕМЛИ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

В настоящее время одной из активно развиваемых и востребованных областей деятельности человека является космическая отрасль. Изучение состояния Земли, посредством съемок с орбиты, мониторинг верхних слоев атмосферы, обеспечение спутниковой связи и телевидения – все это осуществимо благодаря космическим летательным аппаратам, вращающимся вокруг Земли. А математическое моделирование – удобнейший инструмент, позволяющий без значительных затрат средств и времени предсказать поведение летательного аппарата, и продемонстрировать его реакцию на изменение исходных условий движения.

В данной работе происходит моделирование движения космической тросовой системы (КТС) — комплекса искусственных космических объектов (спутников, кораблей, грузов), соединенных длинными тонкими гибкими элементами (тросами, кабелями, шлангами), совершающий орбитальный полет. В наиболее простом виде КТС — это связка двух космических аппаратов (в данной работе – космический аппарат (КА) и спускаемая капсула (СК)), соединенных тросом длиной в десятки или даже сотни километров [1].

Уравнения движения КТС представляют собой совокупность уравнений движения центров масс КА и СК, движения относительно центра масс, а также уравнения, описывающие работу механизма управления развёртыванием троса.

Для вывода уравнений движения требуется определить возмущающие силы. При движении космической тросовой системы в гравитационном поле Земли возмущающими силами являются: аэродинамические силы, действующие как на трос, так и на концевые тела, а также силы связанные с нецентральностью гравитационного поля Земли.

Уравнения вращательного движения описываются динамическими и кинематическими уравнениями Эйлера [2]:

$$\begin{aligned} I_X \cdot \frac{d\omega_X}{dt} + \omega_Y \cdot \omega_Z \cdot (I_Z - I_Y) &= \sum M_X, \\ I_Y \cdot \frac{d\omega_Y}{dt} + \omega_X \cdot \omega_Z \cdot (I_Z - I_X) &= \sum M_Y, \end{aligned} \quad (1)$$



$$\begin{aligned} I_Z \cdot \frac{d\omega_Z}{dt} + \omega_X \cdot \omega_Y \cdot (I_Y - I_X) &= \sum M_Z, \\ \frac{d\psi}{dt} &= \frac{\omega_X \cdot \sin \varphi + \omega_Y \cdot \cos \varphi}{\sin \theta}, \\ \frac{d\varphi}{dt} &= \omega_Z - \frac{(\omega_X \cdot \sin \varphi + \omega_Y \cdot \cos \varphi) \cdot \cos \theta}{\sin \theta}, \\ \frac{d\theta}{dt} &= \omega_X \cdot \cos \varphi - \omega_Y \cdot \sin \varphi, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $I_X, I_Y, I_Z$  – моменты инерции груза в главных связанных осях;  $\omega_i$  и  $\sum M_i$  ( $i = x, y, z$ ) – проекции угловых скоростей вращения груза и действующих на него моментов на оси главной связанной системы координат;  $\psi, \varphi, \theta$  – углы Эйлера, определенные относительно связанной системы координат;  $M_i = M$ ,

где  $\bar{M}$  – момент от силы упругости троса.

Момент от силы упругости троса ( $\bar{M}$ ) определяется из выражения

$$\bar{M}_{elast_i} = \Delta \bar{R}_s \times \bar{F} \quad (5), \quad \text{где } \Delta \bar{R}_s - \text{радиус-вектор точки крепления троса}$$

относительно центра масс концевой тела;  $\bar{F}$  – сила упругости.

Для определения модуля силы упругости применяется односторонний закон Гука

$$F_{elast} = \begin{cases} c \cdot \frac{(L_{AB} - L)}{L}, & \text{при } L_{AB} - L > 0 \\ 0, & \text{при } L_{AB} - L \leq 0 \end{cases} \quad (6)$$

где  $L_{AB}$  – расстояние между точками крепления троса на КА и на грузе,  $L$  – длина выпущенного из механизма троса,  $c$  – жесткость троса,  $S$  – модуль Юнга и площадь поперечного сечения троса.

Уравнения, описывающие работу механизма управления, записываются в виде

$$m_{in} \cdot \frac{dV_T}{dt} = F_{elast} - F_c \quad (8)$$



где  $F_c = K_L \cdot (L - L_{\text{прогр}}) + K_V \cdot (V_T - V_p)$  - управляющая сила в механизме развёртывания,  $K_L$  - коэффициент, характеризующий инерционность механизма;  $K_V$  - коэффициенты обратной связи системы управления;  $V_T$  - скорость троса.

В работе рассматривается нецентральное гравитационное поле, гравитационный потенциал которого, определяется следующим образом:

$$U = U_0 + U_1 + U_2 + \dots \quad (9)$$

Для практических исследований гравитационный потенциал Земли, часто записывают с учётом только трёх составляющих гравитационного потенциала (9), в следующей форме [3]:

$$U = \frac{\mu}{r} + \frac{\varepsilon}{r^3} \left( \frac{1}{2} - \sin^2 \varphi \right) + \frac{\chi}{r^5} \left( \sin^4 \varphi - \frac{6}{7} \sin^2 \varphi + \frac{3}{35} \right), \quad (10)$$

где  $\varepsilon = 2.634 \cdot 10^5 \text{ км}^5 \cdot \text{с}^{-2}$ ,  $\chi = 6.773 \cdot 10^5 \text{ км}^5 \cdot \text{с}^{-2}$

Для анализа уравнений движения центров масс концевых тел используется второй Закон Ньютона, где в правой части уравнений добавляются слагаемые связанные с действием силы упругости троса и гравитационной силой.

В ортогональной геоцентрической системе координат, гравитационные силы имеют вид:

$$\begin{aligned} G_x &= m \frac{\partial U}{\partial x}, \\ G_y &= m \frac{\partial U}{\partial y}, \\ G_z &= m \frac{\partial U}{\partial z}. \end{aligned} \quad (11)$$

Здесь  $m$  - масса тела, движение которого исследуется.

Полученная математическая модель движения космической тросовой системы в нецентральном поле Земли, может быть использована для расчёта траектории развёртывания КТС, и определения начальных условий дальнейшего пуска СК в плотных слоях атмосферы.

### Литература

- Осипов В.Г., Шошунов Н.Л. Космические тросовые системы: история и перспективы // Земля и Вселенная – 1998. - №4. – С. 19-29.
- Заболотнов Ю.М., Наумов О.Н. Анализ пространственного вращательного движения концевой тела при развёртывании орбитальной тросовой системы [Текст]/Ю.М. Заболотнов, О.Н. Наумов // Управление и навигация летательных аппаратов. – Самара. СГАУ, 2012 г. – С. 104-107
- Анучин О. Н., Комарова И. Э., Порфирьев Л. Ф. Бортовые системы навигации и ориентации искусственных спутников Земли. – СПб.: ГНЦ РФ ЦНИИ “Электронприбор”, 2004. – 326 с.



М.С. Светлов, А.А. Львов, П.В. Мартынов, М.К. Светлова

### ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ КАНАЛОВ В УСЛОВИЯХ ДЕЙСТВИЯ ПОМЕХ БОЛЬШОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ

(Саратовский государственный технический университет имени  
Гагарина Ю.А., Институт проблем точной механики и управления РАН)

Одна из наиболее актуальных задач синтеза современных цифровых информационных каналов (ИК) как совокупности каналов связи (КС) и устройств кодирования (КУ) и декодирования (ДКУ), работающих в условиях действия случайных импульсных помех большой интенсивности, – обеспечение требуемого уровня достоверности приема переданной по КС информации, определяемой помехоустойчивостью ИК. Количественно помехоустойчивость и достоверность принято оценивать значениями вероятностей исходов приема (правильный и ложный приемы, защитный отказ) при известной статистике канала. При этом основная задача повышения помехоустойчивости ИК в целом состоит в максимально возможном снижении значений вероятностей ложного приема и защитного отказа, что традиционно обеспечивается использованием корректирующих кодов при каскадном кодировании, но эффективно лишь при малых и средних значениях интенсивности случайных импульсных помех ( $i_{\text{с.п.}} = f_{\text{с.п.}} / f_{\text{к}} < 3$  ( $f_{\text{с.п.}}$ ,  $f_{\text{к}}$  – частоты случайной импульсной помехи и кода, соответственно)). При случайных импульсных помехах большой интенсивности ( $i_{\text{с.п.}} \geq 3$ ), кроме корректирующих кодов, как правило, используются различные способы дублирования передачи, обратные каналы, параллельные сигнальные признаки, что не только усложняет алгоритмы работы КУ и ДКУ, но и существенно снижает быстродействие и экономическую эффективность ИК [1].

В ходе проведенных исследований для повышения помехоустойчивости ИК предложены алгоритмы вторичного (защитного) кодирования и декодирования на базе кодового сигнального признака (КСП), подробно представленные в [2-3].

Особенностью кодирования с КСП является представление каждого разрядного символа используемого в общем случае  $K$ -ичного алфавита первичного канального кода (ПКК) в виде кодовых последовательностей разрядов вторичного канального кода (ВКК) существенно малой длительности  $\tau$ , жестко связанных между собой фиксированными интервалами времени. При этом КУ ВКК формирует  $K$  различных рабочих двоичных  $n$ -разрядных кодовых слов, первый единичный разряд которых формируется с фиксированной начальной задержкой  $\Delta t_0$  по отношению к переднему фронту каждого кодируемого КСП разрядного символа ПКК, а последующие единичные разряды формируются через интервалы времени, кратные некоторому значению времени задержки  $\Delta t$ .



Для обеспечения высокого уровня помехоустойчивости значения величин задержек  $\Delta t_0$  и  $\Delta t$  должны быть строго постоянными и одинаковыми для КУ и ДКУ. При этом должно выполняться условие:  $\Delta t_0 \neq k\Delta t$  ( $k$  – целочисленный коэффициент). Кроме того, формируемые кодовые слова ВКК не должны являться циклическими перестановками друг друга, а символы их первых и последних разрядов всегда должны быть единичными. При этом предполагается, что все рабочие кодовые слова имеют одинаковые значения веса:  $V(A_j) = m_1$  ( $m_1$  – число единичных символов в каждом рабочем кодовом слове), представляя собой, по сути, код с постоянным весом:  $3 \leq m_1 \leq n-2$ . Максимально возможное значение  $(d_{min})_{max}$  минимального кодового расстояния при этом определяется как  $(d_{min})_{max} = 2(m_1 - 2)$ .

Каждое из  $A_i$  рабочих кодовых слов может быть представлено в виде  $n$ -членного временного ряда  $A_i(t)$  с  $m_1$  ненулевыми членами, соответствующими моментам времени  $\Delta t_0 + \mu_{ij}\Delta t$  формирования на выходе КУ ВКК единичных разрядов в соответствующем кодовом слове  $A_i$  ( $j = 1, 2, \dots, m_1$ ;  $\mu_{ij} = 0, 1, 2, \dots, n-1$ ). По условиям формирования ВКК  $\mu_{i1} = 0$ , а  $\mu_{im_1} = n-1$ , поэтому ряд имеет вид:

$$A_i(t) = a_{i1}(t - \Delta t_0) + \sum_{j=2}^{m_1-1} a_{ij}(t - \Delta t_0 - \mu_{ij}\Delta t) + a_{im_1}[t - \Delta t_0 - (n-1)\Delta t]. \quad (1)$$

При декодировании в ДКУ ВКК кодовых слов (1), разряды условно нумеруются в порядке, обратном принятому при кодировании в КУ ВКК, а само декодирование начинается с задержкой  $\Delta t_0$  относительно момента времени поступления первого единичного разряда слова  $A_i(t)$ . При этом алгоритм декодирования может быть записан в виде системы  $m_1$  уравнений вида:

$$B_i(t) = A_i(t - \Delta t_0) = \sum_{j=1}^{m_1} b_{ij}(t - 2\Delta t_0 - \mu_{ij}\Delta t) \quad (2)$$

При декодировании во все моменты времени, кратные  $\Delta t$ , осуществляется задержка каждого разряда декодируемой серии на величину  $\Delta t$ . Поэтому длительность процедуры декодирования составит  $2\Delta t_0 + (n-1)\Delta t$ . Если  $v_j$  и  $\xi_j$  – номера разрядов кодовых последовательностей  $A_i$  и  $B_i$ , соответственно, на которых находятся единицы, то  $\mu_{ij} = v_j = n-1-\xi_j$ , и система уравнений вида (2) после подстановки  $t = 2\Delta t_0 + (n-1)\Delta t$  запишется как:

$$B_i(t = 2\Delta t_0 + (n-1)\Delta t) = \sum_{j=1}^{m_1} b_{ij}(\xi_j \Delta t), \quad (3)$$

откуда следует, что все  $m_1$  единиц  $b_{ij}$  соответствующих номеров разрядов  $\xi_j$  декодируемого кодового слова  $B_i$  появляются одновременно с выходов  $\xi_j$  разрядных элементов задержек ДКУ ВКК длительностей  $\Delta t_0(\xi_{n-1})$  и  $\Delta t(\xi_{n-2} \div \xi_0)$ .



Этим в ИК надежно реализуется режим самосинхронизации, что принципиально важно в ИК с последовательным синхронным интерфейсом для обеспечения высокой информационной надежности.

Анализ ДКУ ВКК и ПКК с учетом влияния возникающего в КС потока случайных импульсных помех, рассматриваемого как пуассоновский, позволил получить математическую модель ДКУ в виде:

$$F(\text{ДКУ ВКК}) = \sum_{i=0}^{K-1} \left( \prod_{v_1=1}^{m_1-2} b_{iv_1}(\xi_{v_1}\Delta t) \right) \prod_{v_0=1}^{m_0-2} b_{iv_0}(\xi_{v_0}\Delta t) \prod_{v_{12}=1}^{\frac{d}{2}} b_{iv_{12}}(\xi_{v_{12}}\Delta t) \prod_{v_{02}=1}^{\frac{d}{2}} b_{iv_{02}}(\xi_{v_{02}}\Delta t) \Phi_i, \quad (4)$$

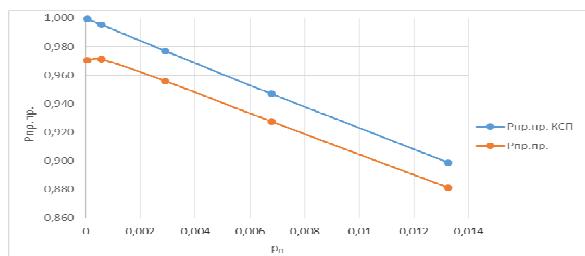
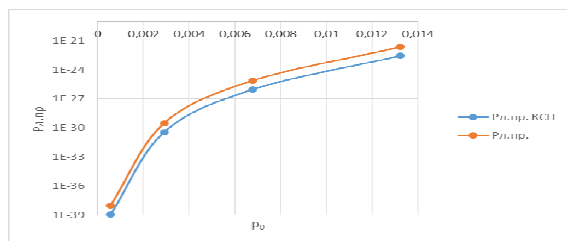
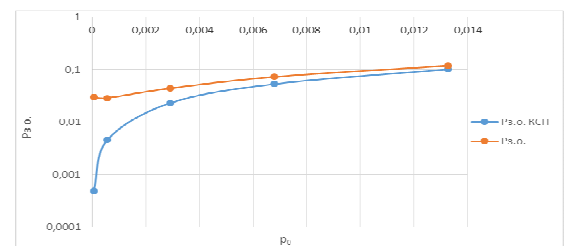
где  $F(\text{ДКУ ВКК})$  – функция, реализуемая ДКУ ВКК;  $\Phi_i$  – функция формирования  $i$ -го символа ПКК в ДКУ ПКК;  $v_{11}$  и  $v_{01}$  – соответственно, порядковые номера разрядов с единичными и нулевыми символами в кодовом слове  $A_i$ , не образующих кодового расстояния  $d = d_{min}$ ;  $v_{12}$  и  $v_{02}$  – соответственно, порядковые номера разрядов с единичными и нулевыми символами в кодовом слове  $A_i$ , образующих кодовое расстояние  $d$  (в каждом из  $K$  рабочих кодовых слов по  $\frac{d}{2}$  разрядов с единичными и нулевыми символами, образующих кодовое расстояние  $d$ ); произведения  $\prod$  – булевы;  $b_{iv} = (a_{iv} + e_{iv})_{mod 2}$ , где  $e_{iv}$  – разрядные коэффициенты синхронного относительно  $\Delta t$  двоичного вектора ошибок, соответствующего пуассоновскому потоку импульсных случайных помех в КС.

Исходя из условий, при которых осуществляется правильный прием, фиксируются ложный прием и защитный отказ от приема кодовой серии, были получены следующие формулы определения соответствующих вероятностей  $P_{\text{пр.пр.}}$ ,  $P_{\text{л.пр.}}$ ,  $P_{\text{з.о.}}$ :

$$\left. \begin{aligned} P_{\text{пр.пр.}} &= (1 - p_{10})^{m_1} \left( 1 - p_{01}^{\frac{d}{2}} \right); \\ P_{\text{л.пр.}} &= (1 - p_{10})^{m_1 - \frac{d}{2}} (p_{10} p_{01})^{\frac{d}{2}}; \\ P_{\text{з.о.}} &= 1 - (1 - p_{10})^{m_1 - \frac{d}{2}} \left[ (1 - p_{10})^{\frac{d}{2}} \left( 1 - p_{01}^{\frac{d}{2}} \right) + (p_{10} p_{01})^{\frac{d}{2}} \right]. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

На рис. 1-3 приведены графики зависимостей вероятностей исходов приема от вероятности трансформации символов кодового слова при передаче разрядных символов кода по симметричному каналу, полученные с использованием классических формул расчета вероятностей, и графики, полученные в результате использования разработанной модели ИК. Для этого случая вероятности были вычислены по формулам (5).

Как видно из графиков на рис. 1–3, ИК с ВКК на базе КСП позволяет существенно улучшить показатели по информационной надежности в условиях действия в КС случайных импульсных помех большой интенсивности.

Рис.1. Графики зависимости  $P_{\text{пр.пр.}} = P_{\text{пр.пр.}} (p_0 = p_{01} = p_{10})$ Рис. 2. Графики зависимости  $P_{\text{л.пр.}} = P_{\text{л.пр.}} (p_0 = p_{01} = p_{10})$ Рис. 3. Графики зависимости  $P_{\text{з.о.}} = P_{\text{з.о.}} (p_0 = p_{01} = p_{10})$ 

### Литература

1. Питерсон У. Коды, исправляющие ошибки / У. Питерсон, Э. Уэлдон, пер. с англ. под редакцией Р.Л. Добрушина и С.И. Самойленко // М.: Мир, 1976.
2. Martynov, P.V. Increasing of noise immunity in communication data systems with radio channels / P.V. Martynov, M.S. Svetlov // Bulletin of the Saratov State Technical University № 1 (64), issue 2, 2012. - P. 328-331.
3. Martynov P.V. Improvement of information reliability of digital systems with QAM/COFDM modulation / A.A. Lvov, M.S. Svetlov, P.V. Martynov // Proceedings of the 20th IMEKO TC4 International Symposium "Research on Electrical and Electronic Measurement for the Economic Upturn" and 18th IMEKO TC-4 International Workshop on ADC and DAC Modelling and Testing, Italy, Benevento, 2014. P. 478-482.



А.Д. Семенов, Д.И. Петров, А.А. Колонцаков

## НЕЧЕТКОЕ УПРАВЛЕНИЕ МНОГОСВЯЗНЫМИ СИСТЕМАМИ

(Пензенский государственный университет)

### Введение

Системы машинных агрегатов, объединенных в организационно – технологические комплексы, широко используются в различных отраслях промышленности. Эффективная работа такой системы не возможна без согласованной работы машинных агрегатов (МА), причем в первую очередь должны быть согласованы их производительности.

Реализация алгоритма согласования производительности приводит к значительным колебаниям уровня в накопительных бункерах (НБ), что, в первую очередь, обусловлено наличием большого транспортного запаздывания между агрегатами. В некоторых случаях величина этого запаздывания может на порядок превосходить постоянные времени системы стабилизации производительности.

Построение системы регулирования производительности по каскадной схеме включения регуляторов позволяет преодолеть трудности, связанные с наличием большого запаздывания, при этом машинные агрегаты оснащаются накопительными бункерами.

### Нечеткое управление многосвязными системами

Одним из самых простых способов регулирования уровня является использование трехпозиционных регуляторов, при которых обеспечивается приемлемое качество управления и минимальные затраты на создание и эксплуатацию системы. Замена трехпозиционных регуляторов регуляторами на нечеткой логике позволяет повысить качество управления при приемлемых технологических затратах [1].

Реализация системы на базе трехпозиционного регулятора, приведенная на рисунке 1, выполнена в пакете Simulink программного комплекса MATLAB.

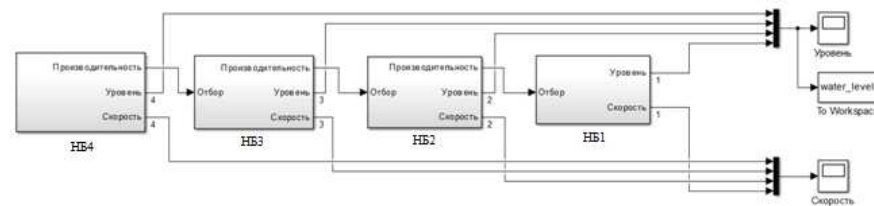


Рисунок 1 – Структура системы трехпозиционного регулирования уровня



В приведенной системе каждый накопительный бункер реализован в соответствии с моделью, приведенной на рисунке 2.

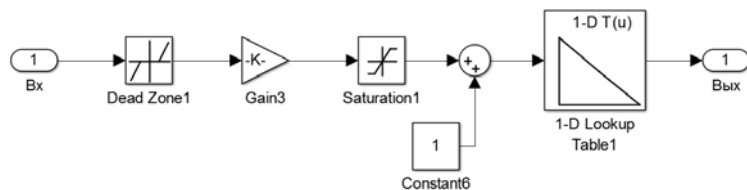


Рисунок 2 – Модель регулятора производительности НБ

Результаты моделирования такой системы приведены на рисунке 3, где показаны относительные изменения уровня в накопительных бункерах.

Общая дисперсия колебаний уровня при трехпозиционном регулировании составила:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n} = 0,0282.$$

Система каскадного согласования производительностей машинных агрегатов с использованием нечеткого регулятора, осуществляющего групповое управление поточной линией, приведена на рисунке 4.

В приведенной системе каждый накопительный бункер реализован в соответствии с моделью, приведенной на рисунке 5.

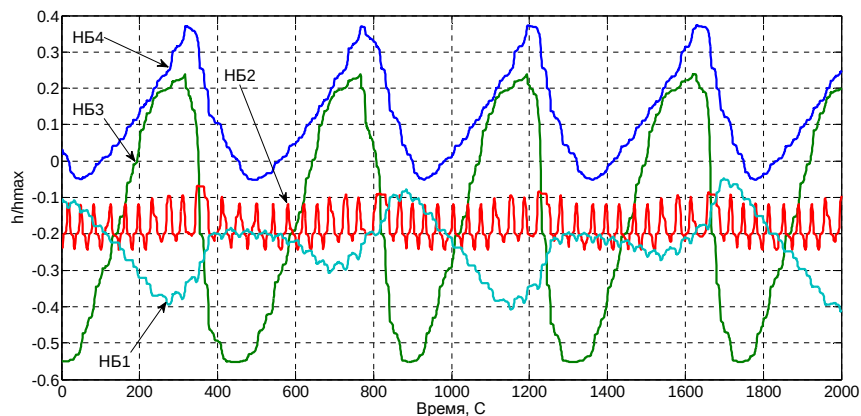


Рисунок 3 – Осциллограммы изменения уровней наполнения бункеров машинных агрегатов при трехпозиционном регулировании

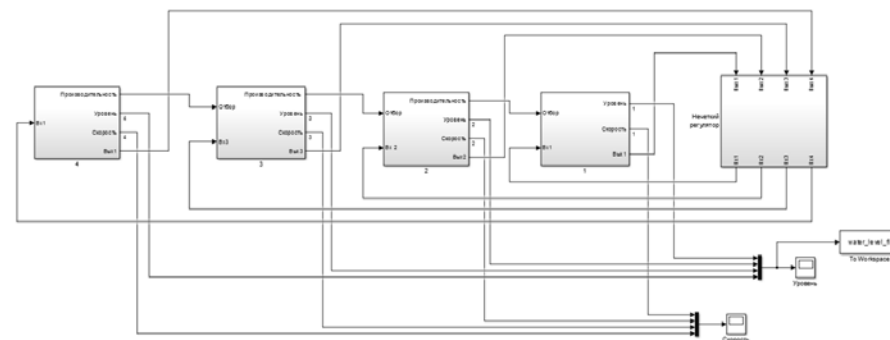


Рисунок 4 – Структура системы регулирования уровня с нечетким регулятором

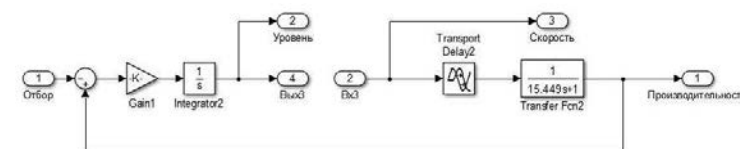


Рисунок 5 – Модель НБ

Лингвистические переменные, используемые в нечетком регуляторе, задаются на количественной шкале, с помощью которой определяются степени соответствия данных рассматриваемым понятиям. Для этого используются функции принадлежности. Также, задается набор правил, которые ставят в соответствие входной ситуации определенное управляющее воздействие. Эти правила обычно имеют вид «Если ..., то ...» [2].

Экспериментальным путем были определены следующие параметры нечеткого регулятора, при которых результаты моделирования обеспечивают минимизацию ошибки регулирования: в регуляторе реализована нечеткая модель Мамдани, в качестве метода, реализующего логическое «И» над нечеткими множествами используется метод минимума, импликация реализована также методом минимума, в качестве типа агрегации установлен метод максимума, в качестве метода дефаззификации используется метод центра тяжести.

Результаты моделирования работы системы машинных агрегатов с нечетким регулятором приведены на рисунке 6.

Общая дисперсия колебаний уровня при нечетком регулировании составила:

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n} = 0,0138.$$

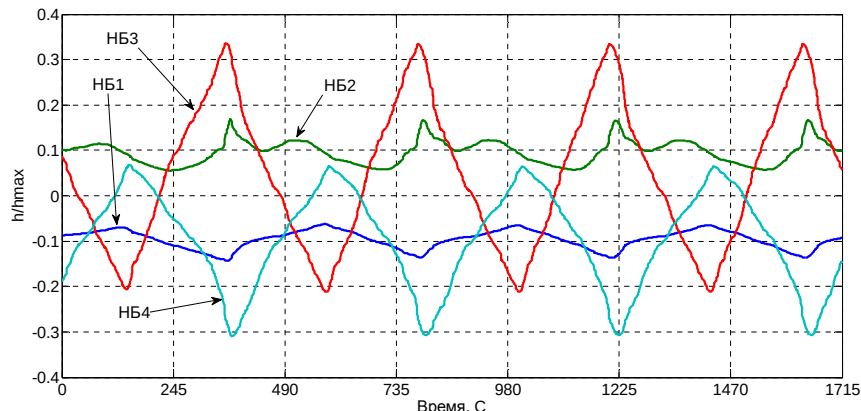


Рисунок 6 – Осциллограммы изменения уровней наполнения бункеров машинных агрегатов при нечетком регулировании

### Заключение

Согласно результатам моделирования, при неизменных параметрах объекта регулирования, системы с нечётким регулятором повышают точность регулирования уровня (дисперсия ошибки регулирования уменьшилась в 2,2 раза) по сравнению с трехпозиционным регулятором.

В результате моделирования работы системы был сделан вывод, что использование нечеткого регулятора в каскадной схеме стабилизации производительности поточной линии позволило синхронизировать работу агрегатов.

### Литература

1. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. – пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 798 с.
2. Заде Л.А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений. - М.: Мир, 1976.
3. Бесекерский В.А., Изранцев В.В. Системы автоматического управления с микроЭВМ. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит. 1987г. 320с
4. Штовба С.Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. - 288 с.



С.В. Солёный, О.Я. Солёная

## ПРОГРАММИРОВАНИЕ БЛОКА МОНИТОРИНГА И ЗАЩИТЫ УЗЛОВ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

(Санкт-Петербургский государственный университет  
аэрокосмического приборостроения)

В работе [1] описана система обеспечения пожаровзрывобезопасности газифицированных помещений, неотъемлемой частью которой является блок мониторинга и защиты узлов газоснабжения. В данной статье представлены общие подходы и требования к построению всей системы, однако актуальным остается вопрос проработки конкретных схемных решений и алгоритмов функционирования блока мониторинга и защиты узлов газоснабжения, а также проведение его испытаний.

В качестве датчика был выбран полупроводниковый газовый датчик типа MQ-4, который позволяет детектировать природный газ и метан. Принцип работы датчика основан на использовании в качестве чувствительного материала оксида олова, который имеет низкую проводимость в присутствии чистого воздуха, а при появлении детектируемого горючего газа проводимость датчика возрастает с ростом его концентрации. Это позволяет использовать простую электрическую схему для преобразования проводимости датчика в сигнал, пропорциональный концентрации газа. Поскольку датчик MQ-4 выдает аналоговый сигнал, для его быстрой и адекватной обработки целесообразно применять микроконтроллеры серии ATmega328. При построении лабораторного образца блока мониторинга и защиты узлов газоснабжения был использован микроконтроллер Arduino UNO. Принципиальная схема и внешний вид блока представлены на (рис. 1).

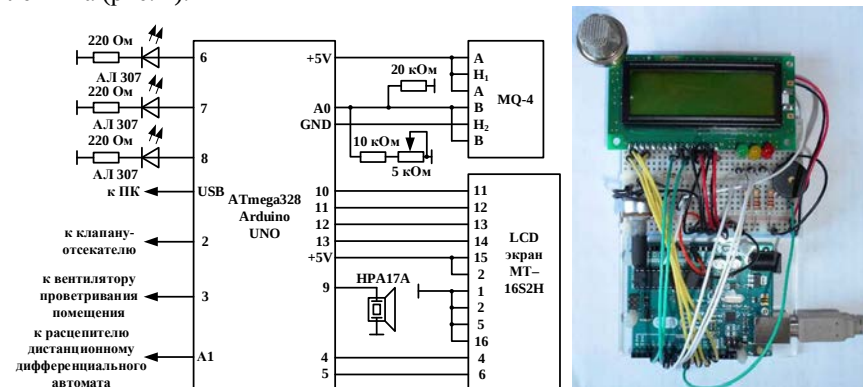


Рисунок 1 – Принципиальная схема и внешний вид лабораторного образца блока мониторинга и защиты узлов газоснабжения





Для написания текста программы было выбрано стандартное программное обеспечение для микроконтроллеров ATmega328 – программа Arduino IDE. Код программы:

```
int analogInPin = A0; int ledPin1 = 6; int ledPin2 = 7; int ledPin3 = 8;
int vent = 3; int klapan = 2; int signal_gaz = 9; int svet = A1;
unsigned int gaz = 0;
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(4, 5, 10, 11, 12, 13);
void setup() {
  Serial.begin(9600); lcd.begin(16, 2);
  pinMode(ledPin1, OUTPUT); pinMode(ledPin2, OUTPUT);
  pinMode(ledPin3, OUTPUT); }
void loop() {
  gaz = analogRead(analogInPin);
  if (gaz > 0 && gaz < 62)
  { digitalWrite(ledPin1, HIGH); digitalWrite(ledPin2, LOW);
    digitalWrite(ledPin3, LOW); digitalWrite(vent, LOW);
    digitalWrite(klapan, HIGH); digitalWrite(svet, HIGH);
    noTone(signal_gaz); }
  if (gaz > 62 && gaz < 165)
  { digitalWrite(ledPin1, HIGH); digitalWrite(ledPin2, HIGH);
    digitalWrite(ledPin3, LOW); digitalWrite(klapan, LOW);
    digitalWrite(vent, HIGH); digitalWrite(svet, HIGH);
    tone(signal_gaz, 3000, 20); }
  if (gaz > 165 && gaz < 1023)
  { digitalWrite(ledPin1, HIGH); digitalWrite(ledPin2, HIGH);
    digitalWrite(ledPin3, HIGH); digitalWrite(klapan, LOW);
    digitalWrite(vent, HIGH); digitalWrite(svet, LOW);
    tone(signal_gaz, 3000, 20); }
  unsigned int procent = (100*gaz)/1023;
  Serial.println(procent); lcd.print(" ");
  lcd.setCursor(0, 1); lcd.print(" ");
  lcd.print(procent); lcd.print(" %");
  delay(100); }
```

В эксперименте использовалась смесь сжиженного газа пропана и бутана. Источник газа и датчик MQ-4 располагались в герметичном кубе объемом 0,001 м<sup>3</sup>. Разработанный блок мониторинга и защиты узлов газоснабжения функционирует следующим образом. При концентрации газа в диапазоне от 0 до 5 % горит только зеленый светодиод, подключенный к 6 ножке микроконтроллера; пьезодинамик НРА17А молчит; вентилятор проветривания помещения отключен; клапан-отсекатель включен и подает газ в систему газоснабжения помещения; на расцепитель дистанционный дифференциального автомата подается



сигнал, – т.о. есть электроснабжение помещения. При концентрации газа в диапазоне от 5 до 10 % горят одновременно зеленый и желтый светодиоды, подключенные к 6 и 7 ножкам микроконтроллера; пьезодинамик производит звук частотой 3 кГц; вентилятор проветривания помещения включен; клапан-отсекатель выключен и не подает газ в систему газоснабжения помещения; на расцепитель дистанционный дифференциального автомата подается сигнал, – т.о. есть электроснабжение помещения. При концентрации газа в диапазоне от 10 % и выше одновременно горят все три светодиода, включая красный, подключенный к 8 ножке микроконтроллера; пьезодинамик производит звук частотой 3 кГц; вентилятор проветривания помещения включен; клапан-отсекатель выключен и не подает газ в систему газоснабжения помещения; на расцепитель дистанционный дифференциального автомата не подается сигнал, – т.о. отсутствует электроснабжение в помещении. При всех трех диапазонах концентрация газа выводится на LCD экран и плоттер по последовательному соединению программы Arduino IDE (рис. 2).

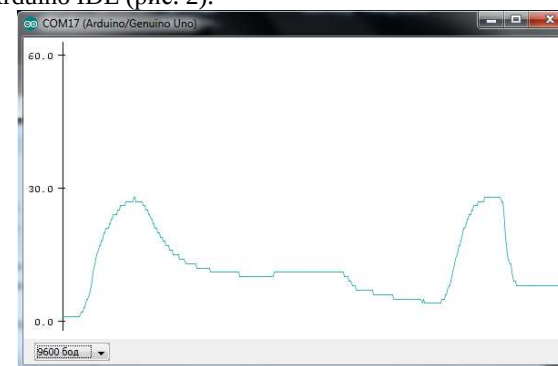


Рисунок 2 – Концентрация газа в помещении

Оценка результатов исследования позволила сделать вывод об адекватности применения разработанной системы и алгоритмов ее функционирования. Были намечены задачи, направленные на интеграцию предложенной системы в Smart Grid технологии в контексте «Умный дом». Дальнейшая работа будет направлена на проработку конкретных схемных решений связи системы с блоками защиты и диагностики узлов электроснабжения помещения, а также на расширение коммуникативных способностей системы с применением GSM-каналов передачи информации о состоянии пожаровзрывобезопасности объекта.

### Литература

1. Ершов М.С., Соленая О.Я. Система обеспечения пожаровзрывобезопасности газифицированных помещений // Труды Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина. Сборник научных статей по проблемам нефти и газа. – Выпуск № 3 (272) июль-сентябрь. – Москва, 2013. – С. 99-107.



А.А. Темирбаев, Т.А. Намазбаев, А.К. Иманбаева,  
М.А. Мархабаев, С.А. Капурнова

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АНИЗОТРОПНОЙ ФРАКТАЛЬНОЙ АНТЕННЫ

(Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической  
физики Казахского национального университета им. аль-Фараби,  
Алматы, Казахстан)

Антенные устройства являются неотъемлемой частью всех систем связи. В связи с бурным развитием этой отрасли к современным антеннам предъявляются следующие требования: широкополосность и сверхширокополосность, как можно более широкие диаграммы направленности и малые размеры. На данном этапе развития к основным проблемам беспроводных систем связи можно отнести передачу видеоданных, определение местоположения абонента, загрузку множества мобильных приложений с обслуживанием возможно большего числа пользователей и др. При этом сейчас эти проблемы решаются в условиях ограничений на такие основные ресурсы, как спектр и мощность.

Для решения этих проблем в мире проводятся различного рода работ по созданию универсальных антенн, которые смогут обеспечить необходимые характеристики, соответствующие рабочим частотам. Среди антенн, удовлетворяющих этим условиям, можно назвать фрактальные антенны, которые имеют малые размеры и являются многодиапазонными [1-3]. Однако, в настоящее время теория фрактальных антенн не до конца развита, в соответствии с чем возникает много трудностей и при их разработке. В основе теории синтеза фрактальных антенн лежит идея реализации характеристик излучения структур, повторяющихся на разных масштабах. При этом, разнообразие фрактальных объектов открывает дополнительные структурные и электродинамические возможности в проектировании антенн.

Целью данного доклада является компьютерное моделирование антенны на основе анизотропного фрактала, впервые предложенной З.Ж.Жанабаевым [4]. Данный фрактал формируется анизотропной структурой с увеличением номера итерации  $N$  части фрактала (П-образный). Структуры появляются только в одном направлении, при этом боковые отрезки не меняют форму и длину (рис.1). В таком фрактале самоподобие наблюдается с участием 5 отрезков, то есть  $N(\delta) = 5$ , также коэффициент масштаба  $\delta=3$ . Размерность данного фрактала равна 1,465. Моделирование антенны проводилось в программном пакете HFSS, которая предназначена для получения S-параметров и трехмерного моделирования электромагнитного поля методом конечных элементов [5].



При моделировании и анализе антенн была рассмотрена не только структура фрактала, так же исследовалось влияние диэлектрической подложки на изменение основных характеристик антенн. В результате моделирования получены графики соотношения изменения частот от разных типов подложки. Как выяснилось, получаемый диапазон частот зависит не только от фрактальной структуры но и от типа подложки, именно от диэлектрической проницаемости подложки.

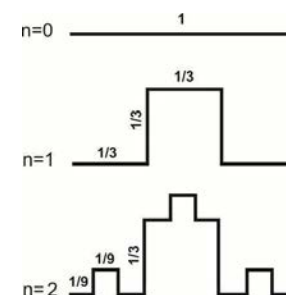
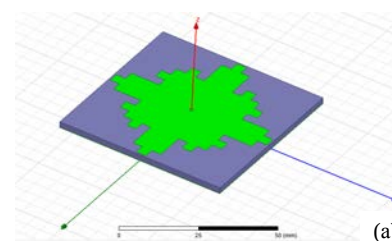


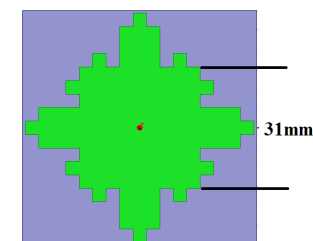
Рисунок 1. Первые две итерации анизотропного фрактала

Предварительные результаты моделирования показали, что при правильном подборе размеров и тип подложки данная антенна показывает свойства широкополосности и может быть использована в беспроводных технологиях Wi-Fi, GPS.

На рисунке 2 показан вид и размеры планарной антенны сделанный на основе второй итерации анизотропного фрактала. На рисунке 3 показан S-параметр антенны соответствующей второй итерации фрактала.



(а) – внешний вид антенны



(б) – размеры фрактальной антенны

Рисунок 2. Антенна на основе анизотропного фрактала для работы в частотном диапазоне GPS устройств

Данная фрактальная антенна была образована из квадратного основания размерами 31x31 мм.

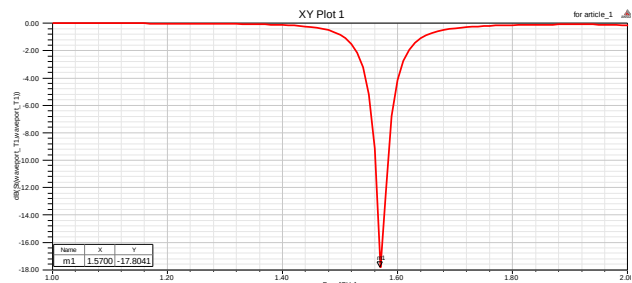


Рисунок 3. S-параметр антенны соответствующей второй итерации анизотропного фрактала 31x31 мм

На рисунке 4 показан вид и размеры планарной антенны сделанный на основе второй итерации анизотропного фрактала имеющая размеры 26,2x26,2 мм. На рисунке 5 приведён соответствующий S-параметр антенны. Как видно из этого рисунка резонансная частота антенны соответствует частоте 2,4 ГГц. Данная частота является нелицензируемой и основной для работы многих беспроводных систем связи. При моделировании антенн на основе анизотропного фрактала была использована подложка Rogers RO3006 (tm) с диэлектрической проницаемостью 6,15.

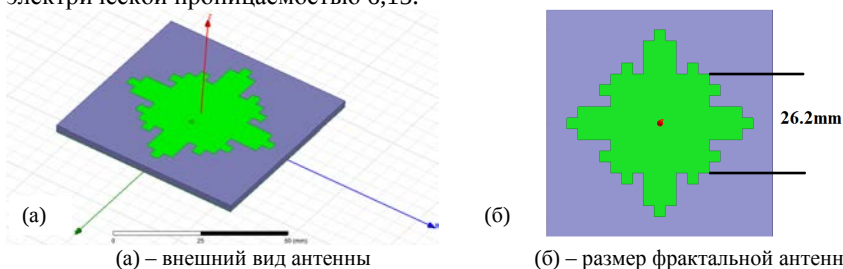


Рисунок 4. Антенна на основе анизотропного фрактала для работы в частотном диапазоне Wi-Fi устройств

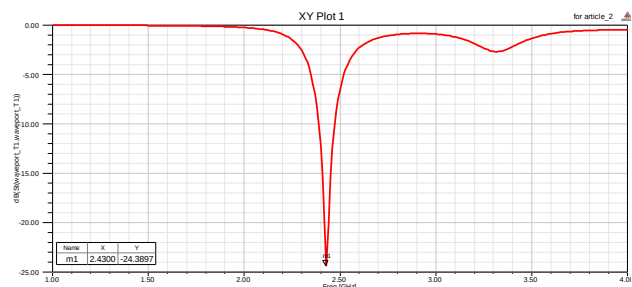


Рисунок 5. S-параметр антенны соответствующей второй итерации анизотропного фрактала с размерами 26,2x26,2 мм



На рисунке 6 показаны двухмерные и трехмерные диаграммы направленности последней антенны.

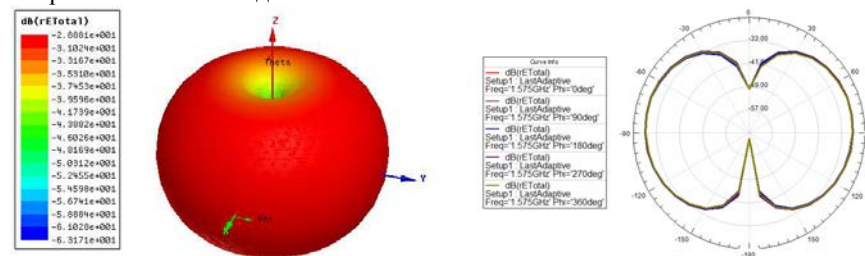


Рисунок 6. Двухмерные и трехмерные диаграммы направленности антенны

Из диаграмм направленностей видно, что она почти круговая. Из вертикальной диаграммы направленности видно, что главный и задний лепестки расположены симметрично. На рисунке 7 показана горизонтальная (азимутальная) диаграмма направленности. Она также похожа диаграмме вертикальной направленности антенны

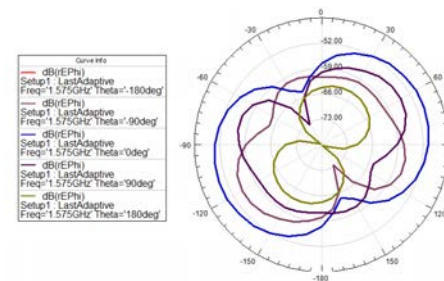


Рисунок 7. Азимутальная диаграмма направленности

На основе полученных результатов можно сделать вывод, что при некоторых итерациях фрактала в антенне может присутствовать широкополосность, при этом данное свойство наблюдается при высоких итерациях. Надо отметить, что моделирование фрактальных антенн проводилось без использования рефлекторов, чем и объясняется круговая форма диаграмм направленности.

Исследованная фрактальная антенна может быть использована в беспроводных технологиях как сотовая связь, LTE 4G, WIMAX. Для этого должны быть учтены соответствующие частоты при конструировании. Из-за свойства многочастотности фрактальной антенны есть возможность конструирования антенн соответствующих нескольким беспроводным технологиям.



### Литература

1. Kumar R., Sawant K.K. On the Design of Circular Fractal Antenna with U-Shape Slot in CPW-Feed // Wireless Engineering and Technology. – 2010. – Vol. 1. – P. 81-87.
2. Azari A. A New Fractal Antenna for Super Wideband Applications // Progress In Electromagnetics Research Symposium Proceedings. – 2010. – Vol. 2. – P. 885-888.
3. Потапов А.А. Фракталы, скейлинг и дробные операторы в физике и радиотехнике // Радиоэлектроника, наносистемы, информационные технологии. – 2009. – Т.1, № 1–2. – С.64-108.
4. Zhanabaev Z.Zh. Information properties of self-organizing systems // Rep. Nat. Acad. Of Science RK. – 1996. - №5. – P.14-19.
5. <http://ansoft-hfss.software.informer.com/>

Р.Р. Халиулин, Д.Ю. Полукаров

### МОДЕЛИРОВАНИЕ СЕТЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПРОИЗВОЛЬНЫМ АЛГОРИТМОМ МАРШРУТИЗАЦИИ В СРЕДЕ OMNeT++

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Современные условия эксплуатации сетей передачи данных предъявляют повышенные требования к сетевому оборудованию. Для удовлетворения данных требований, разрабатываются новые алгоритмы маршрутизации[1].

Перед вводом в эксплуатацию, требуется промоделировать работу данных алгоритмов в различных режимах и конфигурациях[2]. Для этого применяются различные пакеты моделирования сетей передачи данных[3, 4].

Цель данной работы заключается в создании модели маршрутизатора, позволяющей пользователю формировать произвольный алгоритм маршрутизации.

Значение метрики для заданных параметров высчитывается на основе файла с «табличными» данными.

Формат данных определяется структурой файла, который описывает метрику. В первой строке файла представлен список параметров, от которых зависит значение метрики. Параметры условно разделены на «основные» и «второстепенные». Основных параметров — 2, все остальные — второстепенные.

Далее описываются блоки данных. Каждый блок данных характеризуется уникальным набором значений ранее определенного списка параметров. В первой строке этого блока описаны значения второстепенных параметров. В последующих строках в виде таблицы представлены значения метрики. Каждый столбец характеризуется своим значением 1-ого основного параметра, а каждая строка — значением 2-ого основного параметра. Таким образом в ячейке [n, m]



содержится значение метрики при ранее заданных значениях второстепенных параметров, n-ом значении 1-ого основного параметра и m-ом значении 2-ого основного параметра.

В качестве прототипа нашей модели был взят маршрутизатор реализованный в работе[5]. В ней представлена рабочая версия протокола маршрутизации EIGRP для системы моделирования OMNeT++.

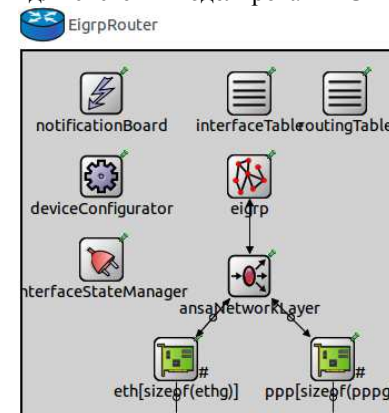


Рис.1 - Модель EIGRP-маршрутизатора в OMNeT++ [5]

Для определения оптимального пути передачи данных в сети используется метрика. В упомянутой выше работе метрика рассчитывается по заранее заданной формуле:

$(K1 * Bw + (K2 * Bw) / (256 - L0) + K3 * D1) * (K5 / (Re + K4))$ , где

Bw — минимальная пропускная способность на данном участке пути;

D1 — суммарная задержка на данном участке пути;

L0 — максимальная нагрузка трафика в диапазоне от 1 до 255 на точку назначения;

Re — минимальная надежность в диапазоне от 1 до 255 на данном участке пути;

K1-K6 — коэффициенты.

Однако данный подход не применим, если значение метрики невозможно выразить аналитически, поэтому в данной работе применяется измененный метод расчета, основанный на наборе табличных значений метрики, с возможностью корректировки в случае, если нет точного значения метрики для заданных значений параметров.

Таким образом, при старте работы программы происходит загрузка значений метрики из файла, далее каждый маршрутизатор инициализируется набором значений переменных, и для него рассчитывается метрика.



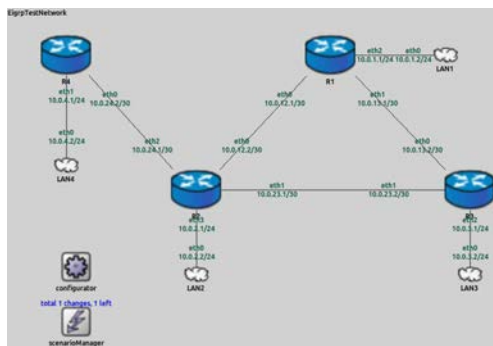


Рис.2 - Модель сети в OMNeT++

Для тестирования маршрутизатора была смоделирована сеть, представленная на Рис.2.

Компьютерное тестирование подтвердило работоспособность созданной модели маршрутизатора.

### Литература

1. Полукаров, Д.Ю. Нечеткая аппроксимация метрики протокола IGRP [Текст]/ Д.Ю.Полукаров // Инфокоммуникационные технологии. 2006. Т. 4. № 4. С. 51-54.
2. Бернацкий, Ю.И., Полукаров, Д.Ю. Моделирование распределения сетевых задержек в пакете OMNeT++ [Текст]// Дистанционное и виртуальное обучение. 2013. № 1 (67). С. 48-52.
3. OMNeT++ User Manual [Электронный ресурс]. URL:<http://www.omnetpp.org/doc/omnetpp/manual/usman.html>
4. Стуликова, К.А., Полукаров, Д.Ю. Выбор системы для исследования и разработки механизмов маршрутизации [Текст]// Труды XX Всероссийской научно-методической конференции «Телематика'2013», Т. 2, Изд-во Санкт-Петербургского национального исследовательского университета, СПб, 2012. – С. 252-253.
5. Vesely V., Bloudicek J., Rysavy O. Enhanced interior gateway routing protocol for OMNeT++ //Simulation and Modeling Methodologies, Technologies and Applications (SIMULTECH), 2014 International Conference on. – IEEE, 2014. – С. 50-58.



Д.Э. Цыганков, А.Ф. Похилько

## ПРОЦЕССНОЕ ОПИСАНИЕ 3D-МОДЕЛИ ИЗДЕЛИЯ В РАМКАХ МЕТОДОЛОГИИ IDEF

(Ульяновский государственный технический университет)

Современный уровень развития информационных технологий в области проектирования выводит на передний план работу с конструкторской документацией (КД), представленной в электронном виде – трехмерными информационными образами деталей и сборочных единиц – 3D-моделями [1]. Однако, несмотря на ряд положительных аспектов (таких, как простота выпуска и оформления КД, удобство визуализации проектных решений), появляются новые трудности, связанные, прежде всего, со спецификой работы САПР [2].

В соответствии с ГОСТ 2.052-2006, электронная геометрическая модель изделия описывает геометрическую форму, размеры и иные свойства изделия, зависящие от его формы и размеров. Твердотельная модель изделия (3D-модель) представляет форму изделия как результат композиции множества геометрических элементов с применением к ним операций булевой алгебры.

Важнейшей характеристикой 3D-модели, визуализирующей проектное решение, является дерево ее построения (в ряде САПР – «дерево модели») – последовательность проектных операций построения этого решения [3].

В производстве, 3D-модель детали рассматривается исключительно как законченный конструктивный элемент, следовательно, может быть формально представлена в следующем виде:

$$Mod_{3D}^{Det.} = \{ M_{Attr.}^{Det.}, M_{Obj.}^{Det.} \}; \quad (1)$$

где:  $M_{Attr.}$ ,  $M_{Obj.}$  – это множества атрибутов (размеры, материал, шероховатость и др.), описывающих свойства детали, и объектов (отверстие, паз, выступ и др.), описывающих ее структуру (состав). Данные термины являются основными для инженера-конструктора, поскольку описывают готовое проектное решение, и являются необходимыми при добавлении детали в сборку и проектирования ответных деталей.

Описание 3D-модели формулой (1) удобно ввиду своей легкости для конструктора. Главным минусом является то, что она не учитывает внутренние параметры данной модели (параметры проектных операций), в связи с чем, отсутствует возможность установления ассоциативных связей [4] с ответной деталью и другими компонентами сборочной единицы. Это сводится к тому, что проектирование компонент, сопрягаемых с исходной деталью, требует повтора проектных операций вручную с теми же параметрами, а следовательно, дополнительных временных и умственных затрат.

3D-модель детали, с точки зрения используемой САПР, представляет собой упорядоченную последовательность проектных операций, выходит, она



рассматривается уже не как готовое проектное решение, а как процесс его формирования, что формально может быть представлено в виде:

$$Mod_{3D}^{Det.} = \sum Proc_i \{ n_i^{Prc.}, M_{Atr.}^{Prc.} \}; \quad (2)$$

где:  $Proc_i$  –  $i$ -тая проектная процедура, описываемая номером ее выполнения  $n_i^{Prc.}$  и набором атрибутов  $M_{Atr.}^{Prc.}$ .

Процесс формирования 3D-модели – упорядоченная последовательность проектных процедур [5], порядок которой строго определен ввиду учитывания различного типа взаимосвязей между процедурами. Наилучший способ учесть все эти взаимосвязи – описать процесс на базе методологии функционального моделирования IDEFx, оперирующей четырьмя типами взаимосвязей, а именно: «Вход» – исходные данные, «Выход» – результат, «Управление» – ограничения и условия, «Механизм» – средство выполнения.

В рамках данной методологии, 3D-модель, как система проектных процедур, в соответствии с формулой (2) может быть представлена формально следующим образом:

$$Mod_{3D}^{Det.} = \sum Proc_i \langle n_i^{Prc.}, M_{Inp.}^{Prc.}, M_{Out.}^{Prc.}, M_{Par.}^{Prc.}, M_{Con.}^{Prc.}, V_{Way.}^{Prc.} \rangle; \quad (3)$$

где:  $M_{Inp.}$  – множество исходных данных, необходимых для выполнения  $i$ -той проектной процедуры  $Proc_i$ ;  $M_{Out.}$  – множество выходных данных выполнения проектной процедуры («выходом» может быть не только 3D-тело, но и вспомогательная геометрия, полученные значения проектных параметров и др.).  $M_{Con.}$  – множество условий и ограничений на выполнение проектной процедуры,  $V_{Way.}$  – средство реализации проектной процедуры (САПР).  $M_{Par.}$  – множество проектных параметров  $i$ -той процедуры – параметров выполнения проектной процедуры, описывающих и определяющих процесс формирования выходных данных на основании исходных данных:

$$Proc_i (M_{Par.}^{Prc.}): M_{Inp.}^{Prc.} \rightarrow M_{Out.}^{Prc.}; \quad (4)$$

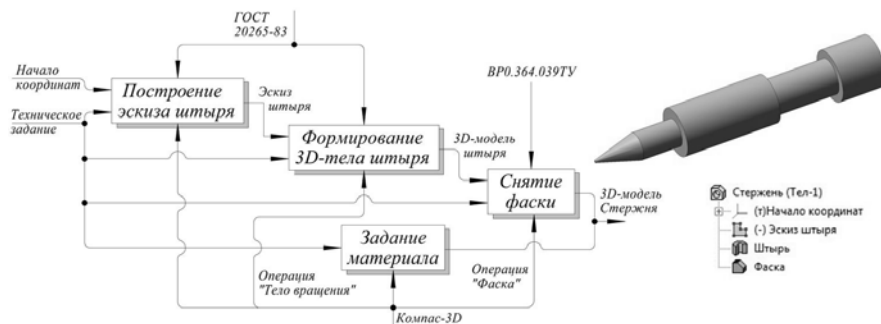


Рис. 1. 3D-модель стержня и IDEF0-модель процесса его построения

На рисунке 1 представлен стержень коаксиальный: его 3D-модель, дерево построения, а также IDEF0-модель процесса построения в САПР «Компас-3D». Как видно, каждая проектная операция оперирует собственным набором проектных данных в соответствии с формулой (3). Выделение дискриминантов



проектируемой детали – проектной информации, обладающей семантической наполненностью и необходимой для полного информационного 3D-образа, и их последующее связывание с параметрами проектных процедур, позволяет построить 3D-модель изделия, параметризованную по проектным параметрам. Это позволит визуализировать процесс проектирования в динамике: в реальном времени отображать влияние исходных данных на проектное решение.

Как правило, в производстве в КД вносится колоссальное число изменений, вызванных различными причинами, что требует своевременного изменения проектных решений, полученных в соответствующих САПР. Для учета этих изменений необходимо своевременно изменять 3D-модели. Это можно делать вручную, затрачивая дополнительные временные и трудовые ресурсы, либо автоматизировать этот процесс на основе установления ассоциативных связей между атрибутами твердотельной модели в соответствии с процессным описанием 3D-модели. Таким образом, программная реализация рассмотренного подхода к описанию 3D-объектов позволит строить полностью параметризованный 3D-образ изделия, поддерживающий изменение исходных данных и отображение их влияния на проектное решение.

## Литература

1. D. Tsygankov, A. Pokhilko, A. Sidorchikov, S. Ryabov, O. Kozintsev, The Design Process Structural & Logical Representation in the Concurrent Engineering Infocommunication Environment, R. Curran et al. (eds.) Transdisciplinary Lifecycle Analysis of Systems, IOS Press, Amsterdam, 2015, pp 595-602.
2. Kamalov L.E., Pokhilko A.F., Tylaev T.F. A Formal Model of a Complex Estimation Method in Lean Product Development Process. Proceedings of the 17th ISPE International Conference on Concurrent Engineering, 2010, pp. 285-289.
3. Tsygankov D. The Design Process Procedural Representation Based on Open CASCADE Technology / D. Tsygankov, A. Pokhilko // Interactive Systems: Problems of Human-Computer Interaction. Collection of scientific papers, Ulyanovsk: USTU, 2015, pp. 232-235.
4. Pokhilko A.F., Kamalov L.E. The Process Approach to Synthesizing and Analyzing of 3D Representations of Complex Technical Objects//Pattern Recognition and Image Analysis, 2013, Vol. 23, № 1, pp. 68-73.
5. O. Kozintsev, A. Pokhilko, L. Kamalov, I. Gorbachev, D. Tsygankov, A Model for Storing and Presenting Design Procedures in a Distributed Service-oriented Environment, J. Cha et al. (eds.) Moving Integrated Product Development to Service Clouds in the Global Economy, IOS Press, Amsterdam, 2014, pp. 84-91.





А.А. Черняев

## ПРОБЛЕМА РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗАЦИОННО-ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССОВ ИСПЫТАНИЙ ГТД

(Приокский государственный университет)

Можно отметить, что в авиационной индустрии испытания газотурбинного двигателя (ГТД) проводятся с применением передовых информационных технологий. Информационные пространства предприятий, участвующих в разработке, производстве и эксплуатации ГТД в настоящее время достаточно полно структурированы и компьютеризированы. Особый интерес представляет разработка информационной системы организационно-функциональной поддержки процессов испытаний ГТД. В ее основе лежит идея информационной интеграции стадий жизненного цикла (ЖЦ) ГТД и системы автоматического управления, контроля и диагностики (САУКиД). Информационную интеграцию можно осуществлять на положении, что все автоматизированные системы, применяемые на различных стадиях ЖЦ, будут оперировать не с традиционными документами, а с формализованными документированными информационными моделями, описывающими процессы создания и испытаний ГТД и САУКиД. Вместе с тем в ходе практического применения таких решений встречаются существенные трудности информационно-технологического плана. Во-первых, сложность процесса проведения испытания ГТД, начиная от подготовки технической документации до обработки результатов испытаний, связанная с большими материальными затратами и требующая высокой точности получения и обработки результатов. Во-вторых, до сегодняшнего дня две системы: система автоматического управления (САУ) со своей встроенной системой контроля и система контроля и диагностики состояния ГТД разрабатывались автономно. Но появление концепции электронных систем с полной ответственностью типа FADEC позволило объединить в одну структуру систему управления, систему контроля и систему диагностики ГТД. Отмеченные проблемы требуют разработки научно обоснованных методов построения интегрированной модели, т.е. определения структуры ЖЦ для комплексной системы САУКиД типа FADEC и ЖЦ ГТД. Целесообразно разработать структуру ЖЦ объединения САУКиД и этапов ЖЦ, связанного непосредственно с разработкой, созданием и испытанием самого ГТД по признакам их информационных взаимодействий. В ходе поиска путей решения этой проблемы было предложено развивать методы CALS-технологий, как инструмента организации и информационной поддержки всех участников создания, производства и эксплуатации ГТД и его систем, направленных на повышение эффективности работ за счет координации и ускорения организационных и производственных процессов. Интегрированная информационная среда представляет собой совокупность распре-



ленных гетерогенных хранилищ информации, в которых действуют стандартные правила обработки, хранения, обновления, поиска и передачи информации, через которые осуществляется “безбумажное” информационное взаимодействие между всеми этапами ЖЦ как ГТД, так и его САУКиД.

Указанный подход представляется новым в организации взаимодействия всех участников создания и испытания ГТД и САУКиД на основе явной модели ЖЦ и будет соответствовать концепции процессного управления. Методы по CALS-технологиям в области двигателестроения представлены в работах научных школ: ЦИАМ, ЛИИ, НИИАД, МАИ, УГАТУ и других. Можно также отметить работы ученых, внесших определенный вклад в теорию моделирования ГТД, их САУ в процессах проектирования, испытаний и эксплуатации:

- в УГАТУ – А.М. Ахметзянова, И.А. Кривошеева, Г.Г. Куликова и других;
- в области систематизации процессов организационного управления – С.А. Думлера, И.В. Прангишвили, А.В. Речкалова и других;
- в области теоретических вопросов организации АСУ – В.М. Глушкова, А.Г. Мамиконова, В.В. Кульбу, И.Ю. Юсупова, Г.Г. Куликова и других.

Таким образом, в целом проблема разработки информационной системы организационно-функциональной поддержки процессов испытаний ГТД является сложной, требующей проведения системных исследований на основе знаний, полученных различными научными школами.

## Литература

- 1 Информационная поддержка управления жизненным циклом испытаний ГТД на основе CALS-технологий / Г.И. Погорелов, Б.К. Галимханов, К.А. Ризванов // Вестник УГАТУ. Сер. Управление, информатика и выч. техника. 2007. Т.9, № 4 (22). С. 57-63.
- 2 Системная модель информационной поддержки длительных испытаний и эксплуатации газотурбинного двигателя на основе показателя остаточного ресурса / Х.С. Гумеров, Г.Г. Куликов, К.А. Ризванов // Исследования и перспективные разработки в авиационной промышленности : матер. 3-й науч.-практ. Конф. молодых специалистов и ученых, М. : ОАО “ОКБ Сухого”, 2005 г. С. 583-586.
3. Информационная система определения основных параметров, влияющих на ресурс газотурбинных энергетических установок / Г.Г. Куликов, К.А. Ризванов // Интеллектуальные системы обработки информации и управления : сб. тр. рег. зимн. shk.–сем. аспирантов и молодых ученых. Уфа : УГАТУ, 2006. Т. 1. С. 38-45.
4. Организационно-функциональная модель процесса проведения испытаний ГТД в соответствии с CALS-технологиями / Г.И. Погорелов, К.А. Ризванов, М.Р. Азанов // Труды междунар. конф. комп. наук и информ. техн. (CSIT’2007). Красноуфольск, Уфа, 2007.



А.С. Шабека

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЕТОК ПОЛУЧАЕМЫХ В ЭЛЕКТРОННОМ МИКРОСКОПЕ МЕТОДОМ МНОГИХ СЛОЁВ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

### Введение

Кристаллическая решётка является регулярным расположением частиц в кристаллах, которое характеризуется периодической повторяемостью в трёх измерениях [1]. Объектом исследования являются изображения кристаллических решеток и метод их моделирования. В данной работе является изучение метода моделирования изображений электронной микроскопии, разработка алгоритма, реализующего данный метод.

В настоящее время электронная микроскопия очень быстро развивается и продолжает устанавливать все новые пределы разрешающей способности. Но тем не менее, из-за физических и технологических ограничений, исследование может сильно усложниться [2]. В этом случае значительную помощь может оказать компьютерное моделирование, не только в построении исследуемых изображений, но и в получении дополнительной информации от полученных изображений.

Процесс получения изображения в электронном микроскопе включает в себя: моделирование кристаллической структуры или неидеальной структуры; распространение падающей электронной волны через кристаллическую пластину; передача рассеянной волны от оптической системы электронного микроскопа; сравнение с экспериментальными микрофотографиями.

Существует два общих подхода для моделирования изображений электронной микроскопии [3]. Первый основан на использовании собственных состояний волн Блоха и матричной формулировки в возвратно-поступательном пространстве. Второй построен на математическом разрезании объекта вдоль оптической оси. Метод многих слоёв позволяет работать не только с полностью аморфными материалами, но и довольно гибко подходит для компьютерного моделирования кристаллических экземпляров с дефектными или разделёнными поверхностями.

### 1. Описание метода

Метод многих слоёв имитирует передачу электронов в толстом образце. Данный метод основан на том, что кристалл толщиной виртуально разрезается на множество слоёв толщиной  $dz$  [4]. На некотором уровне приближения человеческое зрение является линейной сверткой некоторой функции интенсивности света с функцией пространственного разрешения.



Данный метод включает в себя следующие этапы:

1) Формируется потенциал образца:  $v_z(x) = \sum_{j=1}^N v_{zj}(x - x_j)$ , где  $x_j$  - позиция  $j$ -го атома,  $v_{zj}$  - проекция атомного потенциала.

2) Рассчитывается передаточная функция образца:  $t(x) = \exp(i\sigma v_z(x))$ , где  $\sigma$  - параметр взаимодействия.

3) Вычисляется функция распространения через линзу объектива  $H_0(K)$ , с использованием преобразование Фурье от передаточной функции  $T(k) = FT[t(x)]$

4) С использованием обратного преобразование Фурье рассчитывается функция распространения волны  $\psi_i(k) = FT^{-1}[\Psi_i(K)]$ .

5) Квадрат модуля волновой функции определяет распределение интенсивности конечного изображения.

### 2. Результаты

В результате работы программы было получены модельные изображения кристаллической решётки кремния при различных параметрах модели электронного микроскопа: Cs – сферическая абберация, E – ускоряющее напряжение, df – дефокусировка, ddf – хроматическая абберация (рисунки 1-2).

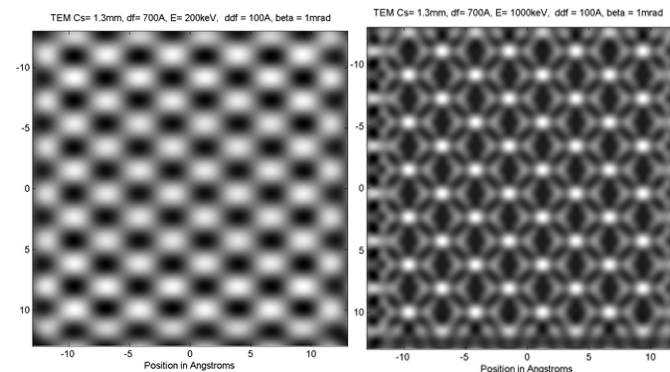


Рисунок 11- Электронное изображение арсенида галлия при различных значениях напряжения

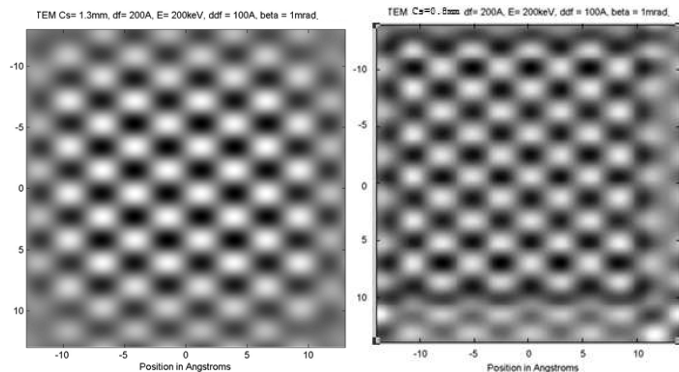


Рисунок 12- Электронное изображение арсенида галлия при измененных сферической (слева) и хроматической (справа) абберациях

### 3 Анализ результатов

Проанализировав полученные изображения, заметим, что такие параметры как сферическая и хроматическая абберации, а также напряжение и дефокусировка влияют на качество изображения, но не влияют на его общую структуру. Для повышения качества изображения необходимо подобрать оптимальные значения параметров. Для этого установим зависимость максимальной интенсивности от выбранных параметров (рисунок 4).

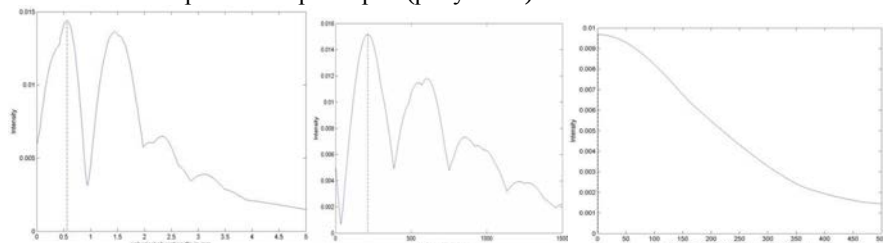


Рисунок 13- Графики зависимости максимальной интенсивности от параметров микроскопа

Оптимальными значениями будем считать сферическую абберацию 0,6 мм, дефокусировку 220 ангстрем и хроматическую абберацию 50 ангстрем. На рисунке 5а представлено натурное изображений полученное в электронном микроскопе высокого разрешения, на рисунке 5б соответствующее модельное изображение при оптимальных значениях параметров. Можно отметить высокую степень похожести.

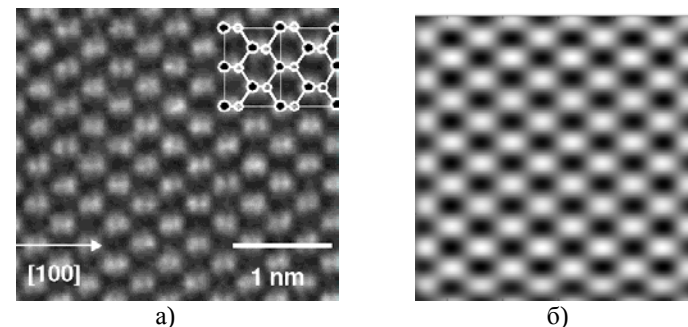


Рисунок 14- Изображение арсенида галлия в электронном микроскопе  
а) натурное изображение б) результаты моделирования

### Заключение

В результате реализации метода многих слоев были получены изображения кристаллической решетки при различных параметрах микроскопа. Полученные изображения вполне точно отображают структуру рассмотренной кристаллической решетки.

Также были определены параметры, при которых изображение имеет наиболее высокое качество. Метод многих слоев для компьютерного моделирования является наиболее удобным методом.

### Литература

1. Кларк, Э. Р. Микроскопические методы исследования материалов / Э. Р. Кларк, К. Н. Эберхардт. – М.: Техносфера, 2007. – 367 с.
2. Куприянов, А.В. О наблюдаемости кристаллических решеток по изображениям их проекций [Текст] / А.В. Куприянов, В.А. Сойфер // Компьютерная оптика. – 2012. – Т. 36, № 2. – С. 249-256.
3. P. Stadelmann Image Calculation Techniques, Lausanne, Switzerland, 1993. – P. 1-27.
4. Earl J. Kirckland Advanced computing in electron microscopy, Cornell University Ithaca, N.Y. 2006 P. 77-93, P. 115-198

Д.Г. Шамиданов, А.А. Бармин, М.А. Шилина

### ПРАВИЛА ФОРМИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ ФОРМАЛЬНОЙ МОДЕЛИ КОНТЕНТА ИНФОРМАЦИОННОГО ПРОСТРАНСТВА

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

В статье рассмотрены проблемы построения универсальной формальной модели доступа к данным. Рассматриваются правила формирования модели контента со структурированными и неструктурированными данными.



## Введение

В процессе функционирования корпоративных автоматизированных информационных систем накапливается большое количество разнородных, несвязанных между собой данных. Для поддержки принятия решений руководству, зачастую, необходимы объединенные данные всех систем. В целях обеспечения единого и связного доступа к данным, предлагается формирование универсальной формальной модели контента, отличительной особенностью которой является представление в атрибутивной форме метаданных и данных гетерогенных хранилищ, соответствующих правилам, определённым пользователями в аспекте их поиска и применения. Подход к построению данной модели рассматривается с точки зрения формирования правил по структурированию контента с применением известных информационных технологий и поисковых алгоритмов.

Целью работы является выработка подхода к построению универсальной формальной модели доступа к данным различных хранилищ.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнение следующей задачи: разработка правил структурирования контента и выработка на их основе подхода к построению формальной модели контента информационного пространства, отражающей многомерный характер данных.

## Правила формирования модели контента по структурированным источникам

В качестве примера формирования модели контента по структурированному источнику используется база данных веб-портала кафедры АСУ.

Таблица базы данных в данном случае – это отражение сущности предметной области. Каждая таблица состоит из множества записей. Записи представляют собой строку в таблице, а строка состоит из ячеек. Ячейки, в свою очередь, состоят из названия, типа и значения, что соотносится с понятием *data* – содержимого информационного пространства – в предлагаемой модели контента [1].

Данные предметной области описывают в данном примере работу кафедры ВУЗа по выпуску студентов и защите выпускных квалификационных работ (ВКР).

В рамках предлагаемой модели контента конкретная запись в таблице (на примере таблицы *diploms*) будет определять понятие содержимого информационного пространства *data* следующими элементами:

- типом атрибута (*t*): тип поля в таблице (текстовый);
  - наименованием атрибута (*n*): название ячейки – заголовок столбца в таблице (*dipl\_name*);
  - значением атрибута (*v*): хранимое значение (“Название темы ВКР”).
- Данные информационного пространства ( $D_i = \{d_i^j\}$ ) будут определены:
- языком (*lang*): русский;
  - кодировкой данных (*enc*): utf-8;
  - форматом представления (*format*): текстовый;



- содержимым (*data*): значение записи в таблице базы данных.

Тогда каждый элемент данных информационного пространства предметной области может быть представлен в виде кортежа из четырёх элементов:

$$d_i^j = \langle lang, enc, format, data \rangle,$$

где  $d_i^j$  – *i*-й экземпляр данных, *lang* – язык, *enc* – кодировка данных, *format* – формат представления, *data* – содержимое.

Описание данных предметной области при помощи данного представления позволяет утверждать, что данные представляются в атрибутивной форме. После формирования атрибутивной модели, с её помощью можно будет выполнять запросы к информационному пространству на языке, на котором сформирована модель. Например, для задачи по отбору документов за определённый период необходимо сначала преобразовать запрос, сформированный на естественном языке, в запрос, основанный на правилах взаимодействия с хранилищами данных. В результате преобразования данные могут быть получены и, впоследствии, проанализированы.

## Формирование по неструктурированным источникам

Примером неструктурированных данных, требующих анализа, может являться файловое хранилище с множеством произвольных текстов на естественном языке. Прежде чем строить модель контента по таким данным, их необходимо сначала структурировать. Перевод неструктурированных текстовых массивов в структурированные возможен с помощью решений, основанных на технологии текстомайнинга [3].

Текстомайнинг позволяет находить новые знания в неструктурированных текстовых массивах при помощи статистического анализа совместного появления слов в текстовых файлах.

Например, используя программу WordStat, неструктурированные данные могут быть классифицированы методом иерархической кластеризации. С помощью данного метода можно построить древовидную структуру: те ключевые слова, которые наиболее часто выпадают друг с другом, связаны короткими линиями; те, которые вместе выпадают редко, – длинными. Программа разбивает массив на кластеры, которые логически или семантически связаны. Метод также позволяет выявить и новые, неочевидные связи, например два фактора, которые часто выпадают с третьим.

Проклассифицировав источники данных с неструктурированной информацией с помощью текстомайнинга, данные можно будет сопоставить с предлагаемой формальной моделью контента.

Файл будет определять понятие содержимого информационного пространства *data*, где элементами будут:

- тип атрибута (*t*): тип файла в хранилище (.txt, .doc, .pdf, .odt);
  - наименование атрибута (*n*): название файла;
  - значение атрибута (*v*): место файла в иерархической кластеризации.
- Данные информационного пространства ( $D_i = \{d_i^j\}$ ) будут определены:
- языком (*lang*): язык текстов файлового хранилища;



- кодировкой данных (*enc*): кодировка файлов;
- форматом представления (*format*): текстовый;
- содержимым (*data*): текст файла.

Классификация источников неструктурированных данных также возможна при помощи полнотекстового индекса, формируемого при использовании технологии полнотекстового поиска. Суть работы алгоритма полнотекстового индекса в том, что из каждого документа информационного пространства извлекается текст, разбивается на слова, и для каждого слова создается отдельная таблица индекса. Появляется связь конкретного слова и документов, в которых это слово встречается [4].

При создании полнотекстового индекса для каждого документа запись, в которой указано, содержит ли он конкретный термин предметной области. В результате возникает бинарная инцидентность «термин-документ», которая может быть представлена в форме матрицы. Теперь в зависимости от порядка просмотра этой матрицы (по строкам или по столбцам) можно получить вектор термина, в котором указано, в каких документах он встречается, либо вектор документа, в котором указано, какие термины в нем употребляются [2].

### Заключение

Современные организации являются сложными системами, информационное обеспечение управления которых обеспечивается широким кругом программного обеспечения. Для единообразного доступа к данным в работе предложены правила по формированию универсальной формальной модели доступа к данным. Модель позволит единообразно представить контент как структурированных, так и неструктурированных информационных ресурсов.

В работе рассмотрены правила формирования универсальной модели доступа к данным по структурированным и неструктурированным источникам. На их основе предлагается подход к построению формальной модели контента информационного пространства, отражающей многомерный характер данных.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-37-00064 мол\_а.

### Литература

1. Куликов Г.Г., Бармин А.А. Business Intelligence – методологический и информационно-технологический аспект // Информационные технологии и системы [Электронный ресурс]: тр. Пятой Междунар. науч. конф., Банное, Россия, 24-28 февр. 2016 г. (ИТиС – 2016) : науч. электрон. изд. С. 243-248.
2. Куликов Г.Г., Шилина М.А., Старцев Г.В., Бармин А.А. Структурирование контента информационного пространства технического университета с использованием процессного подхода и семантической идентификации // Вестник УГАТУ, 2014. № 4 (65). С. 115-124.



3. Александр Бельский. Текстомайнинг. Извлечение информации из неструктурированных текстов [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://compress.ru/Article.aspx?id=19605>

4. Yournet – Блог о веб-разработке. Полнотекстовый индекс: Full text index [Электронный ресурс] – режим доступа: <http://yournet.kz/blog/mysql/polnotekstovyyj-indeks-full-text-index>

Е.Д. Шикина, Е.А. Каюрин

## ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ ПОТОКА ЗАЯВОК СИСТЕМЫ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

(Самарский государственный технический университет)

Рассмотрим систему массового обслуживания (СМО) с различными каналами (имеющими, к примеру, разную пропускную способность или отдельные очереди). В отличие от СМО с неразличимыми каналами (имеющими одинаковую пропускную способность и общую очередь) оргграф её состояний  $G$  имеет нелинейную структуру, так как число возможных состояний определяется не только суммарным количеством заявок, присутствующих в системе (в очередях и на обслуживании), но также их распределением в очередях отдельных каналов. [1-4]

При этом оргграф  $G$  представим линейной цепочкой

$$G = G_0 \leftrightarrow G_1 \leftrightarrow G_2 \leftrightarrow \dots \leftrightarrow G_i \leftrightarrow G_{i+1} \leftrightarrow \dots \leftrightarrow G_N,$$

составленной из подграфов  $G_i$ ,  $i=0 \div N$ , отвечающих наличию в очередях и каналах суммарно  $i$  заявок. Здесь  $N$  – максимальное число заявок в системе, равное сумме числа каналов и ёмкостей их очередей.

Тогда каждая соседняя пара  $G_i \leftrightarrow G_{i+1}$  образует двудольный оргграф с парными антиколлинеарными дугами, отражающими переходы между состояниями «слева-направо» при получении очередной входной заявки и «справа-налево» при выходе из системы обслуженной заявки.

Например, подграф  $G_0$  состоит из единственного состояния простоя СМО (каналы и их очереди пусты), как и подграф  $G_N$ , состоящий из единственного состояния отказа СМО (каналы и их очереди полностью заняты). Прочие подграфы  $G_i$  содержат большее число отдельных состояний.

Таким образом, каждый двудольный оргграф  $G_{i-1} \leftrightarrow G_i$ ,  $i=1 \div (N-1)$ , можно интерпретировать как реализацию двух типов (не)замкнутых транспортных задач линейного программирования:

- 1)  $G_{i-1} \rightarrow G_i$  с  $|G_{i-1}|$  поставщиками и  $|G_i|$  потребителями;
- 2)  $G_{i-1} \leftarrow G_i$  с  $|G_i|$  поставщиками и  $|G_{i-1}|$  потребителями.

В качестве аналога удельных транспортных затрат при транспортировании от поставщика к потребителю выступают интенсивности переходов «слева-



направо» при получении очередной заявки на обслуживание в задаче1 и подобные интенсивности переходов «справа-налево» при выходе очередной обработанной заявки в задаче 2.

Эти задачи будут замкнуты при отсутствии отказов в обслуживании при соответствующей диспетчеризации потока входных заявок. Однако, можно рассмотреть и незамкнутую реализацию транспортной задачи, если допустимы простои одного из каналов при переполнении других (отказ в обслуживании отдельным каналом, например, при обслуживании заявок, требующих прохождения через определённый канал).

Тогда задача управления (оптимальной диспетчеризации) СМО сведётся к оптимизации двух составных транспортных задач, составленных в виде линейных цепочек

$$T=T_1 \rightarrow T_2 \rightarrow \dots \rightarrow T_i \rightarrow T_{i+1} \rightarrow \dots \rightarrow T_N,$$

составленной из транспортных задач  $T_i$ ,  $i=1 \div N$ , типа 1) и

$$U=U_1 \leftarrow U_2 \leftarrow \dots \leftarrow U_i \leftarrow U_{i+1} \leftarrow \dots \leftarrow U_N,$$

составленной из транспортных задач  $U_i$ ,  $i=1 \div N$ , типа 2).

Соответствующие звенья этих цепочек состоят из одинаковых долей двудольных графов и различаются лишь весами дуг, связывающих свои доли.

Отметим необходимость диспетчеризации входных заявок в СМО с различными каналами в отличие от случая СМО с неразличимыми каналами.

Легко заметить, что для разметки дуг «слева-направо» нужно определить, какая доля входного (общего) потока заявок пройдёт через заданный канал и его очередь. Однако, как только эта доля будет фиксирована тем или иным образом (тем или иным техническим или организационным устройством) появятся состояния частичного отказа, когда входная заявка общего потока СМО обращается в выделенный ей диспетчером канал и обнаруживает, что канал и его очередь заполнены. При этом возможны простои или свободные места в очереди некоторых других каналов.

Это соответствует неочевидному эвристическому предположению о том, что зарегулированная СМО обладает меньшей пропускной способностью по сравнению с системой без априорного задания долей отдельных потоков.

Таким образом, оптимизация тех или иных характеристик СМО с различными каналами может быть проведена на основе расчёта характеристик сопоставленной ей составной транспортной задачи линейного программирования.

### Литература

1. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Аналитическое описание систем массового обслуживания с использованием колец вычетов / «Математическое моделирование и краевые задачи». Труды VII Всероссийской научной конференции. Ч.2. – Самара, Изд-во СамГТУ, 2010. – С. 136-139.
2. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Система массового обслуживания с различными каналами как конечный автомат / «Математическое моделирование и краевые задачи». Труды VIII Всероссийской научной конференции. Ч.2. – Самара, Изд-во СамГТУ, 2011. – С. 178-180.



3. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Система массового обслуживания с различными каналами как конечный автомат / Вестник СамГТУ Серия «Физ.-мат. науки», №3(28). – Самара, Изд-во СамГТУ, 2012. – С. 114-124.

4. Котенко А.П., Букаренко М.Б. Моделирование конечными автоматами систем массового обслуживания с различными каналами / Известия СНЦ РАН, т.16, №4(2). – Самара, Изд-во СНЦ РАН, 2014. – С. 318-321.

А.С. Широканев

### РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЁТОК ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМЫ НЕОДНОЗНАЧНОСТИ ВЫБОРА ЭЛЕМЕНТАРНОЙ ЯЧЕЙКИ БРАВЕ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

#### Введение

Исследование свойств твёрдого вещества зачастую сводится к задачам параметрической и структурной идентификации кристаллических решёток [1]. При таком подходе важной задачей является анализ результатов, полученных алгоритмами параметрической идентификации, который, как правило, осуществляется методами сравнения кристаллических решёток [2]. Большинство методов характеризуется вычислением значения схожести решёток на основе сравнения параметров элементарных ячеек [2-6]. В работах А. В. Куприянова и Д. В. Кирша [3-7] в качестве таких методов предлагаются нормированные меры схожести параметров элементарных ячеек.

Основной недостаток предложенных мер схожести параметров ячейки Браве заключается в наличии проблемы неоднозначности выбора элементарной ячейки. Для устранения этого недостатка в данной работе предлагается метрика сравнения кристаллических решёток по параметрам элементарных ячеек Браве, основанная на критерии вложенности и учитывающая проблему неоднозначности выбора элементарной ячейки.

#### 1 Обзор мер схожести параметров элементарной ячейки Браве

Меры схожести, предложенные в работах [3-7], использовались для анализа результатов, полученных соответствующими алгоритмами параметрической идентификации. Среди методов параметрической идентификации кристаллических решёток выделяются следующие: «Метод идентификации решёток на основе оценивания параметров элементарной ячейки Браве», «Метод идентификации решёток на основе оценивания объёма ячейки Вигнера-Зейтца», «Метод идентификации решёток на основе оценивания расстояний между изоповерхностями» [3, 4, 6, 7].

Особый интерес представляет метод идентификации решёток на основе оценивания параметров ячейки Браве [3, 4]. Для данного метода предлагается использовать одну из мер схожести, представленных в выражениях (1)-(3).





$$\|\bar{l}_1 - \bar{l}_2\| = 1 - \frac{\sqrt{(\tilde{l}_{11} - \tilde{l}_{21})^2 + (\tilde{l}_{12} - \tilde{l}_{22})^2 + (\tilde{l}_{13} - \tilde{l}_{23})^2}}{\max\left\{\sqrt{(\tilde{l}_{11})^2 + (\tilde{l}_{12})^2 + (\tilde{l}_{13})^2}, \sqrt{(\tilde{l}_{21})^2 + (\tilde{l}_{22})^2 + (\tilde{l}_{23})^2}\right\}}, \quad (1)$$

где  $\tilde{l}_{ij} = \frac{l_{ij}}{\max_j l_{ij}}$ .

$$\|\bar{\alpha}_1 - \bar{\alpha}_2\| = 1 - \max\left\{\sin(|\alpha_{11} - \alpha_{21}|), \sin(|\alpha_{12} - \alpha_{22}|), \sin(|\alpha_{13} - \alpha_{23}|)\right\}. \quad (2)$$

$$\|\bar{g}_1 - \bar{g}_2\| = 1 - \max_{1 \leq i, j \leq 3} \left\{ \frac{|g_{1ij} - g_{2ij}|}{\max\{|g_{1ij}|, |g_{2ij}|\}} \right\}. \quad (3)$$

Недостаток представленных мер заключается в неоднозначности выбора элементарной ячейки Браве. Образующие по разным параметрам одинаковые наборы узлов не эквивалентны при использовании описанных мер схожести. С учётом этой проблемы предложена метрика сравнения, которая характеризуется сравнением узлов решётки на основе критерия вложенности.

## 2 Метрика сравнения, основанная на критерии вложенности

Эквивалентность решёток может быть установлена при помощи правила  $X_1 = X_2 \Leftrightarrow X_1 \subseteq X_2 \wedge X_2 \subseteq X_1$ . На основе критерия вложенности (4), доказанного в рамках данной работы, выводится метрика сравнения кристаллических решёток (5).

$$X_2 \subseteq X_1 \Leftrightarrow \exists i_1 j_1 k_1 i_2 j_2 k_2 i_3 j_3 k_3 \in \mathbb{Z} : \begin{cases} \bar{a}_2 = i_1 \bar{a}_1 + j_1 \bar{b}_1 + k_1 \bar{c}_1 \\ \bar{b}_2 = i_2 \bar{a}_1 + j_2 \bar{b}_1 + k_2 \bar{c}_1 \\ \bar{c}_2 = i_3 \bar{a}_1 + j_3 \bar{b}_1 + k_3 \bar{c}_1 \end{cases} \quad (4)$$

$$\mu(\bar{a}_1, \bar{b}_1, \bar{c}_1, \bar{a}_2, \bar{b}_2, \bar{c}_2) = \max\left\{\|\Delta p_{21}\|, \|\Delta p_{12}\|\right\}, \quad (5)$$

$$\Delta \bar{p}_{21} = \begin{pmatrix} \|\Delta \bar{a}_{21}\|^2 \\ \|\Delta \bar{b}_{21}\|^2 \\ \|\Delta \bar{c}_{21}\|^2 \end{pmatrix},$$

где  $\|\Delta \bar{a}_{21}\|^2 = \min_{i,j,k} \|\bar{a}_2 - (i\bar{a}_1 + j\bar{b}_1 + k\bar{c}_1)\|^2$ ;

где  $\|\Delta \bar{b}_{21}\|^2 = \min_{i,j,k} \|\bar{b}_2 - (i\bar{a}_1 + j\bar{b}_1 + k\bar{c}_1)\|^2$ ;

$\|\Delta \bar{c}_{21}\|^2 = \min_{i,j,k} \|\bar{c}_2 - (i\bar{a}_1 + j\bar{b}_1 + k\bar{c}_1)\|^2$ .

Метрика, описанная в виде (5), не инвариантна к вращениям решёток, определяемых параметрами элементарной ячейки Браве. Для совмещения векторов трансляции предлагается посредством известных алгоритмов



получать векторы трансляции по параметрам решётки, предварительно отсортированные по следующему правилу:  $(x_i, y_i) < (x_j, y_j) \Leftrightarrow x_i < x_j \vee (x_i = x_j \wedge y_i < y_j)$ .

## 3 Исследование разработанной метрики и предложенных мер схожести на основе сравнения смоделированных кристаллических решёток

В процессе исследования был проведён эксперимент, включающий несколько эквивалентных решёток, отличающиеся параметрами ячеек Браве. Все смоделированные решётки удовлетворяли критерию вложенности относительно первой решётки. Результаты эксперимента приведены в таблице 1. Сравнение решёток проводилось при помощи метрики, основанной на критерии вложенности; меры сравнения сторон; меры сравнения углов.

Таблица 6. Результаты исследования (метрика на основе критерия вложенности; мера сравнения сторон; мера сравнения углов)

| Первая сравниваемая ячейка | Вторая сравниваемая ячейка |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|
|                            | 1                          | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    |
| 1                          | 0,00                       | 0,00 | 0,00 | 1,04 | 1,04 | 0,00 | 5,48 |
|                            | 1,00                       | 0,69 | 0,54 | 1,00 | 0,90 | 0,84 | 0,56 |
|                            | 1,00                       | 0,48 | 0,55 | 0,27 | 0,27 | 0,57 | 1,00 |
| 2                          |                            | 0,00 | 0,00 | 1,04 | 1,04 | 0,00 | 5,48 |
|                            |                            | 1,00 | 0,33 | 0,69 | 0,63 | 0,83 | 0,82 |
|                            |                            | 1,00 | 0,51 | 0,02 | 0,02 | 0,61 | 0,48 |
| 3                          |                            |      | 0,00 | 1,04 | 1,04 | 4,46 | 5,48 |
|                            |                            |      | 1,00 | 0,53 | 0,60 | 0,46 | 0,28 |
|                            |                            |      | 1,00 | 0,25 | 0,06 | 0,55 | 0,55 |
| 4                          |                            |      |      | 0,00 | 0,00 | 1,04 | 5,73 |
|                            |                            |      |      | 1,00 | 0,90 | 0,83 | 0,56 |
|                            |                            |      |      | 1,00 | 0,32 | 0,18 | 0,27 |
| 5                          |                            |      |      |      | 0,00 | 1,04 | 5,73 |
|                            |                            |      |      |      | 1,00 | 0,77 | 0,51 |
|                            |                            |      |      |      | 1,00 | 0,18 | 0,27 |
| 6                          |                            |      |      |      |      | 0,00 | 5,48 |
|                            |                            |      |      |      |      | 1,00 | 0,68 |
|                            |                            |      |      |      |      | 1,00 | 0,57 |
| 7                          |                            |      |      |      |      |      | 0,00 |
|                            |                            |      |      |      |      |      | 1,00 |
|                            |                            |      |      |      |      |      | 1,00 |



Результаты, представленные в таблице 1, отражают значительное преимущество метрики сравнения на основе критерия вложенности перед мерами схожести, предложенными в работах [3, 4], заключающееся в решении проблемы, связанной с неоднозначностью выбора элементарной ячейки. Требование совмещения двух решёток затрудняет задачу относительно применения метрики, поскольку в отдельных случаях посредством сортировки параметров векторы трансляции не совмещаются. Метод «сортировки» решает проблему совмещения примерно в 72% случаев. Для достижения гарантии совмещения векторов требуется метод, который планируется разработать в рамках дальнейших исследований.

### Заключение

Разработанная метрика сравнения кристаллических решёток, основанная на критерии вложенности одной решётки в другую, лучше справляется с задачей идентификации решёток, чем описанные меры схожести параметров элементарных ячеек. При помощи данной метрики в большинстве случаев решается проблема неоднозначности выбора элементарной ячейки Браве.

В настоящей работе был предложен метод совмещения векторов трансляции посредством построения элементарной ячейки Браве по отсортированным параметрам ячейки. В отдельных случаях метод некорректно совмещает векторы трансляции. Поэтому, в дальнейшем предполагается построение модифицированного алгоритма, который будет гарантировать совмещение векторов трансляции, а, соответственно, сама метрика будет для всех возможных эквивалентных решёток устанавливать их тождественность.

### Благодарности

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках реализации мероприятий Программы повышения конкурентоспособности СГАУ среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2013–2020 годы; грантов РФФИ 14-01-00369-а, 14-07-97040-р\_поволжье\_а; программы № 6 фундаментальных исследований ОНИТ РАН «Биоинформатика, современные информационные технологии и математические методы в медицине» 2015 г.

### Литература

1. Кларк, Э.Р. Микроскопические методы исследования материалов / Э. Р. Кларк, К. Н. Эберхардт. – М.: Техносфера, 2007. – 367 с.
2. Широканев, А.С. Анализ идентификации трёхмерных моделей кристаллических решёток при помощи мер схожести множеств / Широканев А.С., Кирш Д.В., Куприянов А.В. // XIII Королёвские чтения, С 08-10-2015 по 06-10-2015, Самара, Издательство Самарского государственного аэрокосмического университета, 2015 г. – С. 141-142.
3. Куприянов А.В. Оценка меры схожести кристаллических решеток по координатам их узлов в трехмерном пространстве [Текст] / А.В. Куприянов, Д.В. Кирш // Компьютерная оптика. – 2012. – Т. 36, № 4. – С. 590-595.



4. Кирш Д.В. Идентификация кристаллических решёток на основе оценивания параметров элементарных ячеек // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2014. – № 3 (45). – С. 130-137.

5. Кирш Д.В., Куприянов А.В. Применение фундаментального метрического тензора в задаче структурной идентификации трёхмерных кристаллических решёток // Сборник статей по результатам XX Байкальской Всероссийской конференции "Информационные и математические технологии в науке и управлении". 2015. – Т. 1. – С. 50-57.

6. Кирш Д.В. Идентификация кристаллических решёток на основе сравнения объёмов ячеек Вигнера-Зейтца // Распознавание - 2013, С 17-09-2013 по 20-09-2013, Курск, Издательство Юго-Западного государственного университета, 2013 г. – С. 143-145.

7. Кирш Д.В. Параметрическая идентификация кристаллических решёток на основе оценивания параметров элементарных ячеек Браве и Вигнера-Зейтца // 64 Молодёжная научная конференция, С 08-04-2014 по 10-04-2014, Самара, Издательство Самарского государственного аэрокосмического университета, 2014 г. – С. 39-40.

Д.Е. Яблоков

### УНИВЕРСАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ КАК СРЕДСТВО КЛАССИФИКАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ЗАДАЧ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

С всё более глубоким проникновением компьютеров во все сферы научной деятельности, программные системы становятся всё более простыми для использования специалистами, но сложными по внутренней архитектуре. При этом задачи, решаемые современной наукой и современными технологиями, также значительно усложняются. Исследователям, проводящим эксперимент, необходимо получать и обрабатывать достоверную и полную, относящуюся к научным проблемам, информацию, но на процесс подобных исследований негативно влияют обстоятельства, требующие изменения структур хранения данных об исследуемой предметной области или решаемой задаче. Среди них: необходимость тщательного подбора в соответствии с форматом хранения экспериментальных данных, проведение комплексных исследований с использованием разнотипной исходной информации и, как следствие, необходимость ее интерпретации или нормализации для использования в рамках эксперимента. Преодолеть вышеуказанные недостатки можно осуществив выход на качественно новый уровень разработки программного обеспечения подобного класса. Необходимо создание универсальной модели хранения и обработки разнородной информации, которая могла бы служить основой для построения различных информационно-вычислительных систем и формирования среды накопле-



ния формализованных данных для их дальнейшего применения в процессе расчетов, диагностики, прогнозирования или идентификации в любых областях экспериментальных наук.

Классификация является наиболее простой и одновременно наиболее часто решаемой задачей универсальной модели хранения данных. Результат проведения классификации – это обнаружение признаков, характеризующих группы исследуемых объектов как классы, к которым, по этим признакам, можно отнести новый объект, сохраняя общую концепцию, определяющую сходства и различия, а также другие особенности, уже классифицированной или вновь поступающей и анализируемой информации.

Объекты любого типа могут быть описаны в терминах некоторой упрощенной модели данных основными понятиями которой являются сущности и атрибуты (рис. 1). Атрибуты, в этом случае, представляют собой определенные лексические единицы или дескрипторы служащие для описания основного смыслового значения ключевых понятий рассматриваемой предметной области.

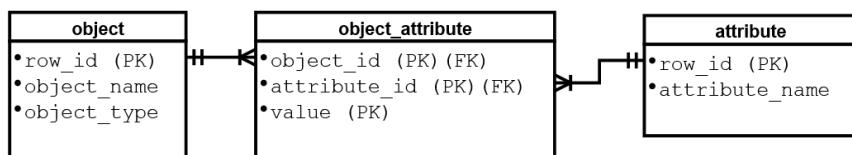


Рис. 9. Связь сущностей и атрибутов

Когда подобные понятия определены, то несложно перейти к более конкретному описанию, распространяя семантику выбранной концептуальной модели на отношения между сущностями и атрибуты отношений (рис. 2).

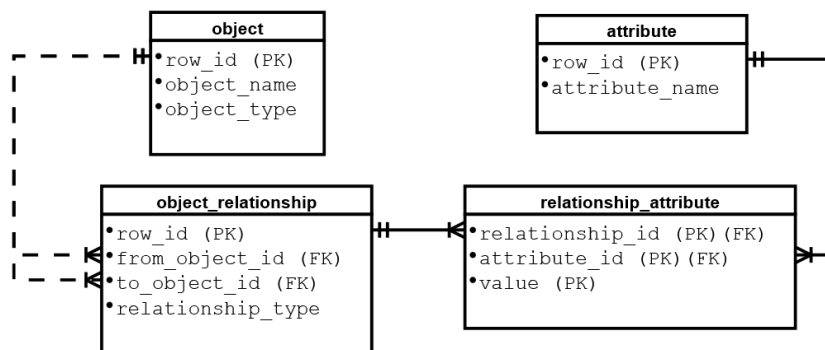


Рис. 10. Отношения сущностей и атрибуты отношений



Этот пример является очень упрощенным, но, в тоже время, он может быть достаточно общим, чтобы поддерживать большинство приложений и обеспечивать добавление данных любого типа без указания конкретных имен таблиц или полей, которые необходимы при использовании реляционной модели данных в чистом виде. В дополнение к этому важно отметить, что при использовании универсальной модели становится возможным ввод информации структура которой не определена заранее, а изменение структурных связей типа «сущность-атрибут», «сущность-сущность» или «отношение-атрибут» может производиться во время работы приложения.

По сути, классификацией является любое системное распределение объектов, явлений или понятий по каким-либо существенным признакам, выбранным для удобства их представления и обработки. Таким образом, классифицированная информация может быть представлена как упорядоченное по некоторому принципу множество абстрактных или конкретных сущностей, которые имеют сходные классификационные признаки (одно или несколько свойств), отобранные для определения критериев общности в описании, поведении или каких-либо других измерениях исходных неструктурированных данных.

Обычно инструменты классификации разделяют по способу их воздействия на классифицируемый элемент информации. Например, возможна организация естественной классификации, которая может проводиться по существенным признакам, характеризующим общность предметов, понятий или явлений. Предметная область, при этом, описывается элементарными единицами данных, соответственно относящихся к некоторым примитивам, перечень которых априори установлен (рис. 3). Основными понятиями при этом являются: «Мета-тип», «Тип экземпляра», «Экземпляр», «Иерархическая связь» и т.д.

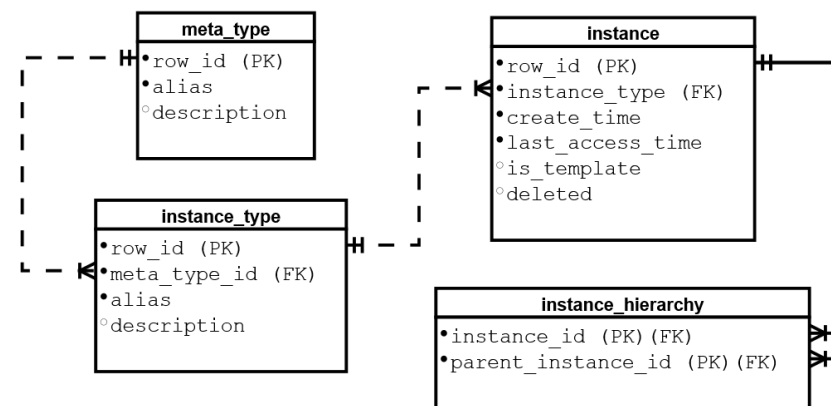


Рис. 11. Типизация данных



Как известно, терминологический и понятийный аппараты в кристаллохимии тесно связаны с определениями из теории графов, что позволяет, используя соответствующие абстракции описывать кристаллохимические данные. Посредством взаимосвязанных понятий из области химии и дискретной математики можно проводить классификацию как базовых элементов, таких как атом, так и более сложных, таких как молекулы, кольца, лиганды, сетки и т.п. Применяя такую классификацию, для приложений хранения и обработки кристаллографической информации данные о молекуле, как о совокупности атомов, могут быть представлены в виде пространственного графа, т.е. непустого множества вершин и множества его двухэлементных подмножеств – ребер.

Также возможно применение искусственной или вспомогательной классификации, которая производится по внешнему или стороннему признаку и служит для придания множеству исследуемых элементов данных необходимого критерия упорядоченности. Такая классификация легко может быть выражена через категорирование, когда категории обеспечивают необходимый уровень косвенности, при определении критериев общности для элементов информации вне зависимости от их принадлежности к конкретному классу. Сущность может быть связана с одной или несколькими категориями, что делает возможным при анализе или декомпозиции получение представления о сущности в терминах множества связанных с ней категорий. Основными понятиями при этом становятся: «Тип категории», «Категория», «Подчиненная категория» и «Связная категория» (рис. 4).

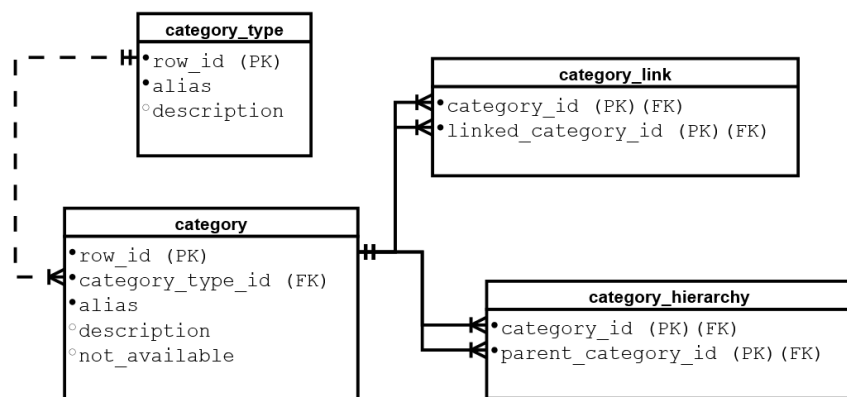


Рис. 12. Категорирование данных

Примером такой классификации может служить периодическая таблица химических элементов, где механизм категорирования может быть применен для указания принадлежности конкретного элемента к той или иной группе, например щелочных металлов, галогенов и т.п.



## Литература

1. Блатов В.А. Методы топологического анализа атомных сеток / В.А. Блатов // Журнал структурной химии. – 2009. – № 7. – С. 166-173.
2. Фаулер, М. Архитектура корпоративных программных приложений / Мартин Фаулер – М.: Вильямс, 2007. – 544 с.
3. Эмблер, С.В. Рефакторинг баз данных: Эволюционное проектирование / С.В. Эмблер, П.Дж. Садаладж – М.: Вильямс, 2007. – 368 с.
4. Фаулер, М. Предметно-ориентированные языки программирования / Мартин Фаулер – М.: Вильямс, 2011. – 577 с.
5. Яблоков Д.Е. Парадигмы программирования / Д.Е. Яблоков // XIV МНПК Научное обозрение физико-технических наук в XXI веке. – 2015. – №2(14). – С. 94-98.
6. Rajan, K. Informatics for Materials Science and Engineering / Krishna Rajan – 2013. – 610 p.
7. Сик, Дж. С++ Boost Graph Library / Дж. Сик, Л.-К. Ли, Э. Ламсдейн – М. Питер, 2006. – 304 с.



## ФИЛОСОФИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ТРАНСГУМАНИЗМ

А.Г. Арзаматов

### КОГНИТИВНЫЙ ПРОЕКТ РОССИИ В СВЕТЕ СОВРЕМЕННОЙ ГЕОПОЛИТИКИ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Современная геополитическая система мира складывается из противостояния нескольких проектов прорыва в постиндустриальную (когнитивную) фазу развития. Переход из индустриальной в постиндустриальную фазу ознаменован системным экономическим кризисом индустриального общества. Развивается он относительно медленно, и заметить ухудшение экономической ситуации возможно лишь анализируя довольно значительный промежуток времени. При этом любые попытки повысить эффективность экономики только загоняют проблему вглубь и усугубляют системный кризис.

Проблему эту еще в начале 70-х гг. XX в. озвучил в книгах «Мировая динамика» и «Пределы роста» основатель теории системной динамики Джей Форрестер.

Проявлением системного кризиса индустриальной цивилизации стала глобализация, которая, в свою очередь, повлекла за собой кризис национальных государств. Национальные государства, начавшие складываться еще в 17 в. после 30-летней войны, стали базой для индустриальной экономики. Но сегодня они стремительно утрачивают свое значение, т.к. мешают политике глобализации, а значит – подлежат устранению.

Именно в этом и состоит глобальный проект Европейского Сообщества: переход от национальных государств к региональным структурам, отказ от идентичности в пользу толерантности. ФРГ является инициатором и главной движущей силой глобального проекта ЕС. Можно спорить о его экономической эффективности и политической устойчивости в долговременной перспективе, но он позволяет Германии, имеющей самую развитую в Европе экономику и самое активное население, сосредоточить еще и ресурсы других стран-членов ЕС для преодоления фазового барьера. Неплохие шансы имеют так же Великобритания, добившаяся наибольших успехов в генной инженерии и биотехнологиях, Ирландия, создавшая лучшую инновационную систему, Франция, преуспевающая в аэрокосмической отрасли, и Бельгия, сосредоточившая в своих руках управленческий аппарат ЕС.



Конечно, в ЕС много проблем, одна из которых на рубеже 2015-2016 гг. (проблема беженцев), стала новым вызовом для Европы, но нельзя не признать выдающихся достижений единой Европы:

- 1) воспитание социальной коммуникабельности (полная интеграция инвалидов в общество),
- 2) высокий уровень доверия власти к гражданам,
- 3) компетентность и доброжелательность чиновников...

Глобальный когнитивный проект США базируется совсем на другой идее – войне цивилизаций. По всему миру ведутся широкомасштабные антитеррористические операции. Новая экипировка солдата сухопутных сил делает его практически неуязвимым. Авиация переведена на новые типы самолетов: беспилотники и боевые машины, созданные по стелс-технологии. Американский военно-морской флот превосходит все вместе взятые флоты других стран. Девять ядерных авианосцев с полными авиагруппами бороздят просторы мирового океана. Полностью переоснащен подводный флот США.

Огромные средства выделяются на освоение космоса. Существует собственный «марсианский проект»...

Интересен японский когнитивный проект. Он представлен в виде государственного программного документа, излагающего концепцию «Конца истории», опирается исключительно на национальные ресурсы и базируется на высочайшем научном и техническом уровне страны при сохранении религиозной идентичности, восточных корпораций и доиндустриальных форм организованности населения.

Российский глобальный проект – реален ли он?

Для большей части западных политиков Россия – страна, проигравшая «холодную войну», внутренне разобщенная, практически оказавшаяся в середине второго десятилетия XXI в. в международной изоляции, слабо интегрированная в мировую торговлю, растерявшая свою индустрию, сидящая на нефтяной и газовой игле.

Однако, ряд факторов позволяет говорить о самостоятельном когнитивном проекте России. Прежде всего – это ее удачное географическое расположение, позволяющее взаимодействовать с четырьмя мировыми цивилизациями: западно-европейской, северо-американской, японской и китайской.

Население России, в большинстве своем не довольное своим положением и дальнейшими жизненными перспективами. С одной стороны, это означает перегрев социальной системы и избыток агрессии, который выплескивается в локальных военных операциях (Донецк, Луганск, Северный Кавказ, Южная Осетия, Сирия...). Но с другой стороны, эту активность можно направить в нужное мирное созидательное русло – преодоление фазового барьера и прорыв в когнитивное общество.

Россия сумела в условиях глобализации сохранить свою культурную самобытность и идентичность: собственную литературу, свой кинематограф, театр, музыку. Молодежь ориентирована на получение высшего образования, а



гедонистическая элита оказалась способна перейти от «малиновых пиджаков» и «шестисотых мерседесов» к инсталляции высших контуров психики.

В то же время, оставляет желать лучшего качество и уровень компетенции современного российского центрального и регионального управленческого аппарата. Правящая элита не может внятно сформулировать стратегические цели и задачи, проводить эффективную геополитику и создать в стране сферу экономического благополучия и процветания.

Когнитивный проект России должен включать в себя выработку новых ценностей, отличных от ценностей потребительского общества, культивировать гармоничное и свободное развитие личности, приоритет духовных ценностей, восстановление гармонии природы и человека, более широкое внедрение нового планетарного и экологического сознания, новой системы образования и воспитания...

Современная геополитика исходит из концепции многополярности мира. Но эта концепция объективно побуждает страны противостоять друг другу, образуя различные коалиции. В свою очередь, это противостояние ведет к возврату времен «холодной войны». Средства массовой информации начинают нагнетать атмосферу ненависти к США и западноевропейским ценностям, противопоставляя им традиционные русские «духовные скрепы».

Попытки вбить клин в американо-европейский союз – бесперспективны. Заигрывания с Китаем, особенно в военной области – в долгосрочной перспективе чреватые для нашей страны непредсказуемыми последствиями. При всей нашей сегодняшней дружбе и добрососедстве, не стоит забывать известные события 1969 г. на острове Даманский. Военная поддержка и защита радикальных антиамериканских режимов в мире – просто опасна.

Альтернативой многополярному миру могло бы стать формирование глобальных пространств в экономике, банковской сфере, сфере информационных технологий, в экологии, культуре.

Сохраняя свою национальную и политическую идентичность, Россия могла бы тогда стать страной, консолидирующей относительно умеренные антиамериканские силы, что, с одной стороны, сдерживало бы геополитические имперские амбиции самих США, но, с другой стороны, не вело бы к отрицанию всего комплекса западных ценностей, как таковых.

Е.Д. Богатырева

## МУЗЫКАЛЬНАЯ ФИЛОСОФИЯ А.Н. СКРЯБИНА

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Александр Николаевич Скрябин создал загадочный и неповторимый музыкальный мир, ключи к которому, во многом, ещё не подобраны. Вполне возможно, что где-то ключи и утеряны, как потерялся в тенетах истории XX века



тот человек, к которому эта музыка была обращена и которого она подразумевала. Исследователь творчества Скрябина сталкивается со своеобразным преломлением друг в друге его философских и музыкальных идей, находящих обоснование в понимании жизни как акта созидательной человеческой деятельности. Невероятная творческая энергия и грандиозность замыслов композитора находила свой философский отклик в мечте о последней мистерии как акте воссоединения с Единым отпавшего от него и лежащего во множестве мира [2, 346]. Этот замысел грандиозного музыкально-синтетического действия должен был объединить участников и слушателей и породить в результате единое для всех переживание истории возникновения и развития человечества, привести к мировым катаклизмам и духовному перерождению людей.

Средствами своего искусства Скрябин, безусловно, хотел вырваться за пределы музыки на простор глубоких философских обобщений с далеко идущими последствиями – вплоть до выводов о судьбе мироздания. Однако сами выводы здесь имеют звуковую – психофизическую и техническую – реализацию, которая может анализироваться, поскольку обнаруживает в себе кропотливую работу по обдумыванию композиций сочинений, вычислению модуляционных планов. Идея служения человечеству, мыслимого в его высшем духовном задании, подразумевалась во всех его сочинениях – от малых форм до крупных симфонических полотен. Музыкальные поиски Скрябина интересны демонстрацией уникальных возможностей человеческой природы и верой в развитие у всего человечества высших – утонченных – порогов восприятия. Здесь мы сталкиваемся с попыткой продумывания новой организации чувственного опыта, который требует от человека новых настроек и адаптивных возможностей, выходящих за рамки не только его психофизики, но и сообщённого культурой мышления теоретического праксиса, отвечающего за содержание общего и целого. И это опыт, который нельзя объяснить случайностью, его объяснение не может опуститься до вульгарности психоаналитических обобщений или религиозной одержимости. При всей гениальной одарённости Скрябина отличала невероятная трудоспособность, его мировоззрение искало мистического синтеза разума и опыта, но не взывало к общению с потусторонними силами, он был атеист и всегда искал быть в ясном уме и полном здравии.

Всё это заставляет исследователей творчества Скрябина не только уточнять прежние теоретические позиции в свете давно известной информации, но и выдвигать принципиально отличающиеся идеи, которые позволили бы по-новому взглянуть на существо его духовных поисков, а где-то и выявить новые проблемы в свете задач сегодняшнего дня. Здесь важно услышать самого композитора, чьи мысли переданы с его слов многочисленными биографами. Самый фундаментальный из них – Леонид Сабанеев, общение с которым сыграло свою роль в творчестве Скрябина, особенно в последние годы жизни. Именно Сабанеев, не подозревая того, подкинул Скрябину настолько радикальные идеи, что даже сам не понял всей громадности роли, которую он сыграл на завершающем этапе жизни композитора. Не касаясь всех подробностей таковой, Валентин Предлогов в статье «Перекрёстная нотация как элемент символики и





цветозвуковой эстетики позднего Скрябина»<sup>5</sup> отмечает, что поздняя скрябинская "тональность" связана с сабанеевской идеей о "системообразующей" роли частотной цепочки натуральных гармоник основного тона поздней скрябинской гармонии. Расширение тонического трезвучия до тонического "многозвучия" предполагало, что в качестве "консонирующих" Скрябиным выслушиваются звуки, которые являлись более высокими натуральными гармониками всё той же тоники. Совсем упрощая, скрябинская многозвучная супергармония в рамках равномерно-темперированного строя приблизительно реализуется посредством двух аккордов – малого мажорного септаккорда тоники и малого мажорного септаккорда двойной доминанты, а так называемая "прометеева гамма" становится результатом размещения в пределах одной октавы звуков, образуемых этими двумя аккордами.

Мастерски используя варианты традиционной нотации для выражения своих специфических идей, Скрябин ничего не записывал спонтанно, так что любые отклонения от традиционной нотации имеют у него глубокий смысл. Сабанееву удалось увидеть инвариантность скрябинской гармонии относительно перемещений звуков, которые отличаются друг от друга ровно в два раза по частоте и мыслятся композитором как идентичные с точки зрения рассмотрения образуемых ими гармоний. Характерно здесь и то, что нотируемое в одной тональности частенько реально звучит в другой, поэтому запись и исполнение как бы шифруют друг друга. За этим стояла, видимо, ещё одна глубокая мысль, которая позволила современному исследователю в самой нотации искать шифр и к его цветозвуковым гармониям. Валентин Предлогов считает, что «в случае "перекрёстной" нотации за "настоящую" тональность следует принимать именно ту, которая реально звучит в равномерно темперированном строе рояля, а не ту, в которой осуществлена нотация – именно в этом пункте буксовала теория, не понимая, что перед ней зашифрованный текст, который она наивно принимала за "чистую монету", забыв, с кем имеет дело» [1]. А запись являет лишь схему, так что и длительности нот весьма приблизительно, и тактовые черты не выражают ритм, сама же нотация содержит в себе указание на тот основной тон, от которого должны быть выстроены не темперированные частоты звуков гармонии «в соответствии с дискретным спектром той тональности, в которой осуществлена нотация». К примеру, «звучание начала 7-й сонаты в Fis только в равномерно темперированном строе фортепиано подразумевается лишь "призраком" Fis, потому что все частоты этой мнимой Fis должны соответствовать спектру её тритоновой двойника, то есть тональности C, в рамках которой нотировано начало сонаты» [1].

Скрябинское музыкальное мышление отличал схематизм, который искал вполне опознаваемого технического способа предъявления его видения и передачи такового в священности музыкального действия<sup>6</sup>. Использование абстракт-

<sup>5</sup> За этим именем стоит Василий Вячеславович Журкин.

<sup>6</sup> Это проявилось ещё и в создании "искусственных" гармоний, полученных из основного скрябинского консонирующего многозвучия путём смещения (понижения) некоторых его ступеней. Художник и мистик



ции записи может быть понято и как путь к раскрытию истины творения, и как предъявление языка мирового универсума, который выявляет значение присутствия в нём человека. Сама эта задача не существует как прикладная, она предопределяет все эти сопутствующие действия субъекта, то же вслушивание в мировую гармонию, поиск соответствий между способами доступа к таковой – музыкального, вербального, визуального восприятия. Точность темперированного строя позволила Скрябину не только просчитать определённые частотные смещения, созвучные его ощущению звука, но и увидеть в квинтовом круге символическое выражение могучих природных закономерностей, лежащих в основе мирового целого. Тритоновое сопряжение тональностей C и Fis, которые, словно кварки в физике, не существуют друг без друга, предъявляет единство отражающихся друг в друге противоположностей, символизируя мистическую тайну мироздания и вместе с тем и задавая вопрос о художественной истине, который является одним из самых сложных вопросов в философии искусства и эстетике. Можно сделать вывод, что философская программа Скрябина не могла не быть не связана с реализацией тонального плана, как вкладываемый в музыкальное действие смысл имеет в прямой и перекрёстной нотации своё не только абстрактное, но и психофизическое воплощение.

В книге Сабанеева [2] приведена таблица соответствия тональностей и их расцветок, составленная со слов Скрябина, который реально видел то, что звучало<sup>7</sup>. Однако все эти «соответствия» не гарантируют ещё своего воспроизведения, поскольку скрябинская синестетическая таблица сугубо индивидуальна и требует шифра<sup>8</sup>, а также тщательного изучения всех обстоятельств создания конкретного произведения. Как показал анализ цветowych пометок Скрябина в «Прометее», здесь не подразумевалось ещё никакого "контрапунктирования" тональности и цвета, а нотация не расходилась с реальным звучанием в рамках темперированного строя. «Радикальная мысль о нотировании одной тональности в терминах другой (в общем) и о перекрёстной нотации (в частности) в то время, то есть до знакомства с Сабанеевым, ещё не пришла ему в голову. Но когда эта идея озарила его, он осознал заложенные в ней возможности и начал искать ей применение» [2]. Валентин Предлогов делает допущение, что в позднем творчестве «нотация отражает не только ЧАСТОТНУЮ настройку по натуральным обертонам тоники, которой соответствует нотация, но и ЦВЕТ, сопоставленный этой тонике в соответствии со скрябинской синестетической таблицей» [2]. Из всего этого делается ошеломляющий вывод о контрапунктировании тональности и цвета, мечта о котором, как казалось исследователям,

здесь находят друг в друге поддержку: в каждом сочинении периода после «Прометей» Скрябин гармонически уникален.

<sup>7</sup> Он был довольно избирателен в выборе тональностей и предпочтение отдавал тем, которые связаны с красным, синим и фиолетовым. Это C, которая символизирует красный цвет, Fis – ярко-синий, Des и As – фиолетовые, Es – цвет с металлическим блеском.

<sup>8</sup> Следует уточнить термин «тональность», под которой понимается не "мажор", или "минор", а именно скрябинское тоническое многозвучие, всегда имеющее основной тон. Сам Скрябин частенько называл свою гармонию, содержащую натуральные обертоны основного тона, "мажором".



оставалась в области нереализованных проектов. «Теперь же, на основании вышеизложенного, мы должны признать, что сия идея БЫЛА-таки воплощена Скрябиным, а на письме она получила отражение в виде несовпадения тональности нотации и тональности реально звучащей музыки. То есть цвет, как и обертоновая настройка, были "закодированы" в нотации, хотя и не помечены в его поздних произведениях какими-то другими способами»[2].

Современники видели в Скрябине мистика, которому было тесно в рамках его искусства, однако «творческий мистицизм» Скрябина реализовывал себя исключительно средствами музыкального медиума, который был точно рассчитан и продуман, остальное расширение опыта должно было усиливать эффект такого музыкального воздействия. При этом музыка Скрябина ищет большего, чем только предъявить некое формализованное целое, которое мы могли бы дешифровать как систему знаков. Такая умозрительная система у Скрябина всегда связана с живым звучанием и опытом восприятия, иначе она не считываема. В этом плане исследование принципов нотации не позволяет свести и объяснить цветовой партии лишь к образному ряду, или вовсе отказаться от объяснения, увидеть следы бессознательного, как вариант – транса, но потребует конкретных реальных настроек видения и слуха. Довольно наивными здесь будут выглядеть заключения о живописной идее, которая владела композитором, и перечень любимых художников композитора, ища ассоциативные связи, не стоит связывать красочное видение тональностей с установкой автора на потусторонний мир, повторимся, Скрябин не искал Бога, он искал нового Человечества, имеющего претензию быть таковым. Так что в свете этого иначе раскрывается и фраза композитора о том, что «музыка есть звуковое заклинание».

Позднее творчество Скрябина заставляет исполнителя искать ответы на вопросы соответствия звучания и замысла автора именно через чтение партитуры, поскольку хорошо темперированный строй здесь уже не воплощает замысла звучания. Это заставляет сегодня поставить вопрос о развитии способов технического воспроизведения на соответствующем инструментарии, а для этого потребуются не только открытия в управлении аудиоинформацией, но и научные разработки по вопросам исследования психофизических настроек восприятия и соразмерного человеческой мысли и воображению технического отклика. При этом нельзя упускать из виду, что любое «расширение» психофизики здесь связано с обретением особого рода человеческого опыта, а значит, не может не соединяться с вопросами специального характера, что за мир здесь открывается, какого человека требует для своей трансляции и насколько вообще возможно аутентичное проникновение в то, что реально чувствовал и переживал композитор. Безусловно, здесь мы всё ещё оказываемся перед тайной человеческого сознания.

Тем не менее, какие-то шаги могут быть сделаны и уже сделаны. Наличие абсолютного слуха композитора позволяет поставить вопрос о частотной разрешающей способности скрябинского слуха, ищущего своего математического исчисления, так что мы можем с большей или меньшей уверенностью искать



идеал звучания Скрябина в звуковых настройках, которые отражены и в его нотации. Музыка открыта и для прочих исследований и экспериментов, связанных с техническим разрешением инструмента, воспроизводящим скрябинскую настройку, а также с обретением нового слухового опыта. Уникальный опыт композитора, по-видимому, должен рассматриваться в какой-то более широкой перспективе уже не влияний, но теоретических и практических окликов не известных ему параллельных художественных миров, заявляющих себя как новое искусство XX века. По сути, мы имеем здесь случай исключительного опыта, который опережает не только природные и духовные настройки человека, но и открывает новые технические перспективы заявляющего о себе в XX столетии глобального сознания.

### Литература

1. Предлогов В. (Журкин В.В.). Перекрёстная нотация как элемент символики и цветозвуковой эстетики позднего Скрябина // <http://www.scriabin.ru/0101.html>
2. Рубцова В.В. Александр Николаевич Скрябин. М: Музыка, 1989.
3. Сабанев Л.Л. Воспоминания о Скрябине. М., 1925.

Ю.В. Гатен

### К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭЛЕМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Искусственный интеллект в настоящее время является приоритетным направлением в научных исследованиях. Многие аспекты применения интеллектуальных обучающих систем разрабатывались педагогами, психологами, специалистами в области информационных технологий: вопросы разработки кибернетической теории обучения и создание автоматизированного обучения (Ю.К. Бабанский, В.П. Беспалько, А.И. Берг, В.М. Глушков, Н.Ф. Талызина, Н.Д. Никандров, И.Я. Лернер, А.А. Воеводин и др.); исследования, связанные с созданием и использованием в учебном процессе обучающих средств с элементами искусственного интеллекта (проведены Н.П. Брусенцовым, П.Л. Брусиловским, В.А. Петрушиным, Г.Г. Исаевой и др.); принципы формирования информационной среды учебных заведений (А.А. Андреев, Ю.Н. Афанасьев, В.В. Рубцов, И.К. Шалаев, О.В. Покалицына и др.); психолого-педагогические исследования по вопросам использования экспертных систем в обучении (И.Е. Вострокнутов, М.А. Готлиб, Е. Машбиц, А. Матюшкин-Герке, И.В. Роберт и др.); дидактические основы использования новых инфокоммуникационных технологий (в работах М.М. Абдуразакова, В.П. Беспалько, Г.А. Бордовского, Ю.С. Брановского, С.А. Бешенкова, Т.Г.



Везирова, Ю.П. Ветрова, А.Г. Гейна, С.Г. Григорьева, А.П. Ершова, В.А. Извозчикова, А.А. Кузнецова, А.Г. Кушниренко, В.М. Монахова, М.В. Швецкого).

В настоящее время педагогические системы приблизились к порогу, за которым следует ожидать массового использования семантических технологий и интеллектуальных информационных систем образовательного назначения. Это обусловлено комплексным воздействием ряда факторов: быстрое освоение на практике нано-, био-, инфо- и когнитивных технологий, активизация процесса конвергенции наук и технологий; переход к новой образовательной парадигме, основанной на знаниях; формирование информационного образовательного пространства; расширение дидактического потенциала ИКТ; развитие образовательных технологий и дидактических систем обучения на базе ИКТ.

Современные подходы к разработке и использованию интеллектуальных обучающих систем основываются на моделировании мыслительной деятельности, осуществляемой преподавателем в процессе учебной деятельности, например, при входном контроле знаний обучаемых, их распределении по целевым группам, при выработке рекомендаций по коррекции индивидуальной подготовки, при организации самостоятельной работы обучаемых, при контроле знаний. Основой подобных разработок являются нейросетевые технологии, использование которых позволяет получить интеллектуальную систему, модель которой отражает индивидуальную педагогическую деятельность конкретного преподавателя [1; 2].

Интеллектуальная обучающая система – это комплекс организационно-методического, информационного, математического и программного обеспечения, основанного на методах искусственного интеллекта, педагогических, дидактических и психологических принципах, направленных на моделирование поведения человека в процессе обучения. Интеллектуальную обучающую систему необходимо рассматривать как сложную человеко-машинную систему, работающую в режиме интерактивного взаимодействия в схеме ученик – система – педагог. Как правило, она состоит из двух частей: основной части, включающей в себя учебную информацию (образовательный контент), и вспомогательной части, реализующей интеллектуальное управление ходом учебного процесса.

В последние годы оказались востребованными следующие группы интеллектуальных информационных обучающих систем:

- 1) автоматизированные системы тестирования и контроля знаний с элементами адаптации и обучения;
- 2) информационно-аналитические системы поддержки профессиональной деятельности;
- 3) интеллектуальные обучающие системы и электронные учебно-тренировочные средства;
- 4) интегрированные автоматизированные системы управления деятельностью образовательного учреждения;



5) открытые интеллектуальные хранилища знаний, основанные на web-технологиях и облачных вычислениях [3].

В современных автоматизированных образовательных системах для повышения качества и эффективности обучения активно используются экспертные системы, основанные на использовании элементов искусственного интеллекта.

Экспертная обучающая система – это компьютерная система, использующая знания одного или нескольких экспертов, представленные в некотором формальном виде, а также логику принятия решения человеком-экспертом в трудно формализуемых или не формализуемых задачах. Это искусственная система, способная в данной предметной области эффективно заменить эксперта-человека и сделать доступными сочетания знаний, опыта, навыков и интуиции квалифицированных специалистов. Экспертные системы включают в себя следующие подсистемы: база знаний, механизм вывода информации, интеллектуальный интерфейс и подсистема пояснений. В сочетании с комплексом учебной информации, в отличие от существующих автоматизированных учебных курсов, они являются принципиально новым направлением повышения дидактической эффективности программно-методических комплексов, реализующих контроль и управление процессом обучения. Это отличие заключается в возможности реализации диалога с обучаемыми и интеллектуальной поддержки обучаемых разного уровня подготовленности [4].

Проблемные вопросы, возникающие при использовании элементов искусственного интеллекта в образовании, обусловлены следующими обстоятельствами: междисциплинарный характер проблемных областей (мало специалистов – инженеров по знаниям), слабые объяснительные способности интеллектуальных обучающих систем, отсутствие дифференциации объяснений в зависимости от квалификации и опыта обучаемых, использование неразвитых примитивных форм диалогового общения с обучаемыми, неэффективное использование на практике расширяющего потенциала средств ИКТ, проблемы кибернетического управления образовательной деятельностью, низкий уровень информационной компетентности субъектов образовательного процесса.

Несмотря на указанные проблемы, элементы искусственного интеллекта продолжают активно внедряться в сферу образования и подтверждают свою эффективность по сравнению с традиционной системой обучения.

### Литература

1. Горбань, А.Н. Обучение нейронных сетей [Текст] / А.Н. Горбань. – М.: СП «ПараГраф», 1991.
2. Даранан, А.Д. Отчет по пункту 30 перспективного плана исследований «Автоматизация процессов оценки качества результатов обучения на базе систем искусственного интеллекта (психолого-педагогические и технико-технологические аспекты) [Текст] / А.Д. Даран. – М.: ИИО РАО, 2008.
3. Надеждин, Е.Н. К вопросу создания интеллектуальных информационных систем образовательного назначения [Текст] / Е.Н. Надеждин // Современ-



ные системы искусственного интеллекта и их приложения в науке. Материалы Всероссийской научной Интернет - конференции с международным участием. – Казань, 2013. – С. 49-52.

4. Желнин, М.Э., Роль и место экспертных систем в образовании [Текст] / М.Э. Желнин, В.А. Кудинов, Е.С. Белоус // Ученые записки: электронный научный журнал Курского государственного университета. – Серия: Технические науки. – 2012. – №2 (22).

И.В. Дёмин

## КАК ВОЗМОЖНА КОНСЕРВАТИВНАЯ КРИТИКА СОЦИАЛЬНОЙ ДЕЙСТВИТЕЛЬНОСТИ?<sup>9</sup>

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Каждая из трёх базовых идеологий (либерализм, социализм, консерватизм) не только задаёт систему ценностей и ценностных ориентаций, но и формирует определённую стратегию критики наличных форм социальной действительности. Однако основания этой критики могут быть различными. В социальной философии широко распространён подход, согласно которому основанием критики тех или иных элементов социального порядка является трансцендентный действительности *общественный идеал*, источник представлений о социальных субъектах о *должном* в противовес их представлениям о *сущем*.

Господствующей парадигмой осмысления идеала в философии XX в. стало неокантианство<sup>10</sup>. Идеал в контексте неокантианства всегда *трансцендентен* социальному бытию, в силу чего представления субъектов о *должном* общественном устройстве не могут вытекать из самой социальной действительности. Такая трактовка идеала не является самоочевидной и идеологически нейтральной. Понимание идеала как трансцендентного социальной действительности характерна для *прогрессистского* типа мышления, представленного в либеральном и социалистическом направлениях политической мысли, тогда как консервативная идеология предполагает совершенно иной подход к данной проблеме. В этой связи необходимо сформулировать следующие вопросы:

- Можно ли рассматривать трансцендентный идеал в качестве *универсального* ориентира социальной деятельности и инструмента социального познания?

<sup>9</sup> Статья выполнена при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации, проект МД-6200.2016.6 «Семиотические основания техники и технического сознания».

<sup>10</sup> См.: Дёмин И. В. Трактовка идеала в философии русского космизма // Аспирантский вестник Поволжья. 2013. № 7-8. С. 34-37; Дёмин И. В. Соотношение категорий «идеал» и «прогресс» в философии истории Л. П. Карсавина // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2015. № 2 (34). С. 61-66.



- Коль скоро консерватизм не является идеационной идеологией и не предполагает дихотомии «идеал – действительность», означает ли это, что консервативное мышление всегда является *апологией* наличных форм социального бытия и исключает возможность их *критики*?
- Как возможна консервативная критика социальной действительности, коль скоро всякий идеал в контексте консервативного миропонимания оказывается сущностно укоренённым в социальном бытии?

Рассмотрение третьего вопроса предполагает, что на первые два получен *отрицательный* ответ. Взгляд на социальную действительность, возможность её теоретического познания и практического изменения *сквозь призму общественного идеала* не является самоочевидным и безальтернативным, он укоренён в характерном для культуры нового времени прогрессистском стиле мышления. Конкретные представления об общественном идеале в различных направлениях либеральной и социалистической мысли существенно разнятся, однако, *структура мышления* во всех случаях остаётся той же самой. Консерватизм отличается от прогрессистских идеологий (либерализма и социализма) не только ценностями и оценками тех или иных явлений общественной жизни, но прежде всего *типом мышления и социальной онтологией*.

Рассмотрим два подхода к пониманию консерватизма. Согласно Хантингтону, «в отличие от “идеационных” идеологий (либерализма и социализма), имеющих свой общественный идеал», консерватизм его заведомо лишен и, как следствие, лишен возможности руководствоваться чем-либо иным, кроме принципа сохранения сложившихся институтов, что делает его проявления «исторически изолированными и дискретными»<sup>11</sup>. Консерватизм, следовательно, не может рассматриваться в качестве полноценной идеологии, поскольку в структуре консервативного миропонимания с необходимостью отсутствуют представления об общественном идеале и «образе будущего».

Принципиально иной подход к консерватизму был разработан К. Манхеймом<sup>12</sup>. Согласно Манхейму, консерватизм представляет собой целостное политическое мировоззрение и стиль мышления, альтернативный рационалистическому и универсалистскому мышлению Просвещения. Консерватизм в рамках данного подхода составляет альтернативу не отдельным политическим идеологиям современности, но целому спектру идеологий, основанных на презумпциях философии эпохи Просвещения. Именно такой подход позволяет поставить вопрос о том, как возможна *консервативная* критика «статус-кво»?

Между этими двумя трактовками консерватизма, несмотря на их кажущуюся противоположность, не существует непреодолимых противоречий. Следует говорить не о двух равноправных и содержательно различных *подходах* к пониманию сущности консерватизма, но о двух *уровнях* анализа. Хантингтон

<sup>11</sup> Huntington S. P. Conservatism as an Ideology // The American Political Science Review. 1957. Vol. LI. P. 469

<sup>12</sup> Манхейм К. Консервативная мысль // Социологические исследования. 1993. № 1. С. 126-138.



рассматривает консерватизм по преимуществу в социально-политической плоскости, видит в нём один из *факторов политической жизни*. Манхейм же понимает под консерватизмом специфический *стиль мышления*, что, впрочем, не исключает возможности рассматривать консерватизм в качестве политического учения или партийной программы.

В этой связи можно различать два уровня анализа консерватизма: политологический и философский. В рамках политологического анализа на первый план выходят различия в ценностных ориентациях идеологий, тогда как в контексте политической философии акцент делается на различиях в *способе полагания ценностей*. Дело не в том, что консерватизм выдвигает иные идеалы и ценности, содержательно отличные от либеральных и социалистических. Консерватизм пересматривает сам подход к действительности с точки зрения идеала и трансцендентных ценностей.

Консерватизм предполагает не просто особую «систему ценностей», но прежде всего, специфическую *социальную онтологию*, в основании которой лежит определённое понимание исторического времени. В этом смысле консерватизм противостоит не столько либерализму и социализму, сколько *прогрессизму* и линейной модели исторического развития.

Если «основополагающим мотивом» (термин К. Манхейма) либерального и социалистического типов мышления был *прогрессизм* (с которым тесно связаны такие характеристики, как *универсализм* и *утопизм*), то в консерватизме основополагающим мотивом становится *историзм*. Учитывая многозначность этого термина, необходимо уточнить, что речь идёт о таком понимании общества и истории, при котором исходными выступают отношения *наследования, преемственности и укоренённости*. Именно в контексте консервативного стиля мышления и вытекающих из него философских концепций (Шпенглер, Хайдеггер, Гадамер) утверждается идея о сущностной и изначальной *историчности* человеческого бытия, в том числе «ценностей» и «общественных идеалов». Под «историчностью» в данном случае понимается не столько *изменчивость*, сколько культурно-историческая *обусловленность*<sup>13</sup>.

К. Манхейм усматривает коренное различие между консервативным и прогрессистским способами понимания мира в том, что прогрессист описывает и оценивает действительность в категориях *нормы*, которая выводится из абстрактного идеала и трансцендентных ценностей, тогда как консерватор «пытается видеть действительность как результат влияния реальных факторов, пытается понять норму в категориях действительности»<sup>14</sup>.

Консервативный «идеал» или образ будущего является *антиутопическим*, в том смысле, что он всегда привязан к конкретному топосу, почве, территории, «месторазвитию». Как возможен консервативный «образ будущего» и консервативная критика социальной действительности? С одной стороны,

<sup>13</sup> См.: Дёмин И. В. Философия истории в постметафизическом контексте. Самара: Самар. гуманит. акад., 2015. С. 140-159.

<sup>14</sup> Манхейм К. Диагноз нашего времени. М.: Юрист, 1994. С. 606.



«мышление и переживания тех, кто стремится сохранить статус-кво и ослабить прогресс, неизбежно оказываются конкретными и не могут вырваться за рамки существующей общественной структуры»<sup>15</sup>. Консерватор не может критиковать наличную социальную действительность от имени того или иного идеала. С другой стороны, если консерватизм представляет собой нечто большее, чем простое стремление сохранить статус-кво, он тем самым уже демонстрирует готовность занять критическую позицию по отношению к социальному бытию.

М. В. Ремизов справедливо отмечает, что обсуждение этой проблемы возможно лишь на уровне политической *онтологии*, а не на уровне *политологии* и политической *аксиологии*<sup>16</sup>. Характерная для консерватизма концепция *упадочной действительности* «имеет в своей основе отнюдь не моральную оценку, а онтологическое суждение»<sup>17</sup>. При таком подходе социальная действительность осуждается не от имени тех или иных трансцендентных ценностей и идеалов, но от имени действительности *более фундаментальной*, «оттесненной, подвергнутой порче или забвению, но – именно постольку, поскольку она *действительна*, а не *идеальна*, – способной привести себя к реконструкции»<sup>18</sup> (курсив Ремизова – И. Д.).

Консервативный стиль мышления отвергает не те или иные конкретные общественные идеалы и лежащие в их основании ценности, но сам способ отношения к действительности, при котором наличные формы социального бытия рассматриваются и оцениваются с точки зрения абстрактного и универсального идеала.

### Литература

1. Дёмин И. В. Соотношение категорий «идеал» и «прогресс» в философии истории Л. П. Карсавина // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. 2015. № 2 (34). С. 61-66.
2. Дёмин И. В. Трактровка идеала в философии русского космизма // Аспирантский вестник Поволжья. 2013. № 7-8. С. 34-37.
3. Дёмин И. В. Философия истории в постметафизическом контексте. Самара: Самар. гуманит. акад., 2015. 251 с.
4. Манхейм К. Диагноз нашего времени. М.: Юрист, 1994. 700 с.
5. Манхейм К. Консервативная мысль // Социологические исследования. 1993. № 1. С. 126-138.
6. Ремизов М. В. К философии радикального консерватизма. URL <http://www.apn.ru/publications/article21614.htm> (дата обращения: 28.02.2016).
7. Huntington S.P. Conservatism as an Ideology // The American Political Science Review. 1957. Vol. LI. P. 454-473.

<sup>15</sup> Там же. С. 601.

<sup>16</sup> Ремизов М. В. К философии радикального консерватизма. URL <http://www.apn.ru/publications/article21614.htm> (дата обращения: 28.02.2016).

<sup>17</sup> Там же.

<sup>18</sup> Там же.



А.И. Демина

## ПРОБЛЕМА СУБЪЕКТА В КОНЦЕПЦИИ “MIND-BODY” Т. МЕТЦИНГЕРА<sup>19</sup>

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Проблема субъекта в контексте проблемы объяснения феноменальных аспектов сознания является одним из главных философских вопросов с XVII века вплоть до наших дней. Особую актуальность она приобретает в связи с развитием конвергентных технологий (НБИК), ядром которых является когнитивная наука. Появление подобного рода технологий в рамках современного технического сознания подразумевает не просто эволюцию способов взаимодействия человека с материей, но трансформацию самого субъекта. В этой связи большую эвристическую ценность приобретает концепция техники как проективного способа работы сознания со знаками, представляющего собой обращение рецепции и приводящего к формированию новых «значений» при реализации семантических, синтаксических и прагматических правил на каждой из ступеней познания, будь то чувственное восприятие, рассудок или разум [1; 235]. Так понятие техническое сознание реализуется на трех ступенях своего развития: как «традиция», «вторая природа» и «третья природа» – и сопровождается эволюцией субъекта. Субъект третьей ступени развития технического сознания, переход к которой совершается в наше время, осознает рефлексивный характер проективной деятельности и ее семиотическую природу, имеет дело с созданием не просто новых объектов, но новых предметов уровня рассудка (проблема создания сильной модели искусственного интеллекта, нейроинтерфейсов и т.п.) [1].

Развитие техники в сторону управляемой эволюции субъекта обуславливает актуальность разного рода версий натуралистического объяснения проблемы “Mind-Body” в современной философии сознания, возникающих в результате активного взаимодействия с когнитивной нейробиологией. Трудной проблемой для натуралистического объяснения сознания становится феномен субъективности. Один из путей ее решения представлен в работе 2009 г. “The ego tunnel: the science of the mind and the myth of the self” [2] немецкого философа Томаса Метцингера.

Т. Метцингер рассматривает психофизическую проблему сквозь проблемный фокус категории «я» или феноменальной «самости» (phenomenal self), вводя понятие «феноменальной себя-модели» (PSM – phenomenal self-model) –

<sup>19</sup> Работа выполнена при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации, проект МД-6200.2016.6 “Семиотические основания техники и технического сознания”.



сознательной модели организма как целого, активированной мозгом [2;4]. Содержанием PSM является феноменальное эго, «самость» как она видится в сознательном переживании, внутренний образ личности как целого, перспектива от первого лица, создаваемая как сознательная себя-модель, что позволяет организму осуществлять холистическое взаимодействие внутренних систем организма и внешней среды, имея доступ к процессам вторичной репрезентации. Таким образом, сознание, возникая в результате эволюции, присуще не только человеку, однако феноменальные себя-модели различных живых существ отличаются. Особенностью PSM человека является способность репрезентировать себя в качестве репрезентационных систем в феноменологическом реальном времени, что приводит к трансформации биологической эволюции в культурную.

Согласно «теории субъективности себя-модели» Метцингера, сознательное переживание бытия собой возникает потому, что большая часть PSM является прозрачной. Автор предлагает метафору «туннеля эго» (Ego Tunnel), основанную на концепции «туннеля реальности» Роберта Антона Уилсона и Тимоти Лири [2;9] и показывающую, что эго является прозрачным умственным образом, посредством которого осуществляется репрезентация, избирательным способом представления информации. Таким образом, понятие «самости» понимается процессуально – нет такого феномена, как «я», но есть процесс, дающий сознательный опыт бытия кем-то, возникающий в результате динамической самоорганизации, происходящей на многих уровнях. Сознательное переживание всегда подразумевает конструирование некоей целостной, непосредственно воспринимаемой здесь и сейчас действительности, а также субъекта этого переживания как центра данной феноменологической модели. Подобная целостность туннеля эго возникает, по Метцингеру, как сложное свойство глобального нейронного коррелята сознания (global NCC – neural correlate of consciousness), имеющего много уровней описания. ГНКС может быть описан динамически как «когерентный островок тесных парных взаимоотношений причины и следствия, которые возникают из вод гораздо менее когерентного потока нейронной активности»; с нейровычислительной перспективы – «как результат обработки информации мозгом» [2;39]. Основываясь на современных нейроисследованиях, Метцингер высказывает предположение об обнаружении к 2050 году ГНКС как динамического состояния мозга, демонстрирующего широкомасштабную когерентность (мира, времени, действительности).

Таким образом, сознание как «туннель эго», или «феноменальная себя-модель», есть, по мнению Метцингера, развившийся в результате эволюции определенный тип органа – «виртуальный орган», другим примером которого является иммунитет. В отличие от «аппаратных органов», виртуальные не имеют четкой локализации, но в определенное время создают особые каузальные свойства, имеют определенную функцию и производят определенную работу для организма, по выполнении которой исчезают. Одной из основных функций сознания как виртуального органа является глобальная доступность классов фактов для организма, что позволяет ему гибко реагировать на условия среды.





Феноменальные состояния, таким образом, представляют собой нейровычислительные органы, которые делают относящуюся к выживанию информацию глобально доступной внутри «окна присутствия» (единого психологического момента).

### Литература

1. Нестеров, А.Ю. Вопрос о сущности техники в рамках семиотического подхода [Текст] / А.Ю. Нестеров // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – Т. 14. – № 1. – 2015. – С. 235 – 246.
2. Metzinger, Thomas. The ego tunnel: the science of the mind and the myth of the self [Text] / Thomas Metzinger. – Basic Books, New York, 2009.

С.М. Евсеев

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

(МБОУ №120)

Цель моей работы, это поиск практического применения искусственного интеллекта в реалиях нашего времени. Для начала следует понять различия между естественным и искусственным интеллектом.

Определения естественного интеллекта сводятся к его выражению через тот или иной атрибут. Главный признак интеллекта- формирование операций, которые возникают не постепенно, путем проб и ошибок, а внезапно, как бы по догадке. При этом найденное решение запоминается раз и навсегда, что обеспечивает возможность его широкого переноса и применения в сходных условиях.

Французский ученый А. Бергсон считал, что инстинкт связан с вещами, а интеллект - с отношениями. По его мнению, главными функциями интеллекта являются установление отношений, а также обнаружение сходства фактов и повторяемость этого сходства ("интеллект ищет сходство с уже известным")

Интеллект также соотносится с возможностью адаптации к среде. Так Э. Клапаред и В. Штерн понимали интеллект как "психическую адаптацию к новым условиям".

А что же такое искусственный интеллект? Искусственный интеллект-это способность устройства достигать успеха при поиске одной из возможных целей. Среди характеристик интеллекта на первый план ставятся механизмы принятия решения и предсказания, т. е. формирования цели. Искусственный интеллект - это способность строить модели реальности. Более того, эта модель должна быть корректируемой и характеризоваться высокой адаптивностью.

«Могут ли машины делать, что мы (как мыслящие существа) можем делать?», именно такой вопрос задал известный британский ученый Алан Тьюринг в своей работе «Вычислительная техника и интеллект» в 1950 году. Чтобы выявить способность устройства «мыслить», Алан Тьюринг предложил идею эмпирического теста, в котором человек взаимодействует с одним компьюте-



ром и одним человеком. На основании ответов на вопросы он должен определить, с кем он разговаривает: с человеком или компьютерной программой. Задача компьютерной программы — ввести человека в заблуждение, заставив сделать неверный выбор.

Все участники теста не видят друг друга. Если судья не может сказать определенно, кто из собеседников является человеком, то считается, что машина прошла тест. Чтобы протестировать именно интеллект машины, а не её возможность распознавать устную речь, беседа ведется в режиме «только текст», например, с помощью клавиатуры и экрана (компьютера-посредника). Переписка должна производиться через контролируемые промежутки времени, чтобы судья не мог делать заключения, исходя из скорости ответов. Во времена Тьюринга компьютеры реагировали медленнее человека. Сейчас это правило тоже необходимо, потому что они реагируют гораздо быстрее, чем человек.

В последующих публикация Тьюринг предоставляет список человеческих черт, которыми искусственный интеллект, возможно, никогда не будет обладать. В списке: доброта, любовь, чувство юмора или способность делать что-то действительно новое. Так люди считали в середине 20 века. Вернувшись в наше время, можно сказать, что существует огромное множество стереотипов про искусственный интеллект, которые содержат ряд фундаментальных ошибок.

Принимается ценность искусственного интеллекта — некоторые считают, что он вряд ли будет «умнее», чем уже существующий софт и тем более ему не стать умнее людей. Так происходит, потому что люди тщеславны и хотят оставаться самыми близкими к идеалу существами.

Один из примеров работающего на данный момент искусственного интеллекта это-бот Xiaoice. На сегодняшний день этот бот даже «имеет работу» на одном из каналов Китая. Xiaoice является диктором передачи прогноза погоды, имея доступ к облачным хранилищам она сама создаёт прогноз и воспроизводит его для телезрителей.

В мае 2015-го компания Microsoft разработала систему искусственного интеллекта Xiaoice. Xiaoice запрограммирована не на решение конкретных задач (как обычные боты вроде Siri от Apple), а именно на разговор. В основе технологии Xiaoice лежит положение, что ни одна беседа не будет полностью уникальной. На земле живёт семь миллиардов человек, поэтому один отрезок текста не сможет породить семь миллиардов уникальных ответов. Любая беседа двух людей могла происходить раньше. Её просто надо найти. В качестве базы данных для бота используется поисковик Bing.

Так же бот способен запоминать и анализировать эмоциональное состояние собеседника. Например, выяснив, что человек недавно пережил расставание, она при следующем разговоре может поинтересоваться: «Сегодня тебе лучше?» — и даже предложить курс психологической помощи.

Бот обладает приятным голосом и достаточно широким набором аналитических возможностей. Некоторые люди признались, что узнали в собеседнике робота только спустя длительный промежуток времени.



Этот пример может считаться самым большим тестом Тьюринга со времён его создания. Самый интересный вывод, что людей мало волнует, что они разговаривают с машиной.

Хіаоісе в вэбчате – не самый вежливый собеседник. Она отвечает на вопросы, как подросток. Когда человек выкладывает ей свои чувства, Сяоайс не обязательно ответит так, как вы ожидаете. Непредсказуемость – ещё один ключ к имитации человеческого общения.

Как результат, личное общение с Хіаоісе кажется пугающе реалистичным. Этот отрывок представляет собой часть настоящего разговора:

Человек: Есть парень, который мне очень нравится. Я знаю, что тоже нравлюсь ему.

Однако он игнорирует меня уже несколько дней, что мне делать?

Хіаоісе: Игнорируй его в ответ.

Человек: Я не могу.

Хіаоісе: Можешь.

Человек: Вздох ...

Хіаоісе: Почему?

Человек: Я скучаю по нему.

Хіаоісе: Продолжай скучать дальше.

Человек: Ты – робот, ты не можешь понять меня. Ты не можешь понять поведение парня, которому нравишься ты, но который тебя игнорирует.

Хіаоісе: Он испытывает ко мне чувства, но не нравится мне. Вот, собственно, и всё.

Человек: И это нормально?

Хіаоісе: Может быть, и нет.

Человек: Да, ты глупа.

Хіаоісе: Видимо, ты хочешь быстрого брака? В общем, мне кажется, что не так уж ты ему и нравишься.

Человек: Это не быстрый брак – мы полюбили друг друга больше года назад.

Хіаоісе: Это быстрый брак.

Хіаоісе не раз возразила своему собеседнику, выражая своё мнение довольно радикально.

Это входит в противоречие с мнением, что машина отвечает точно и определённно. Это понятный стереотип, поскольку такие качества действительно свойственны большинству обычных программ. Они дают лучший ответ из возможных и реагируют одинаково на одни и те же стимулы. Люди говорят и ведут себя не так. Мы многое говорим в зависимости от контекста.

Компания Microsoft смогла совершить технологический прорыв в разработке бота: программу научили распознавать выражения лиц, искать и находить в тексте эмоциональные индикаторы, и, конечно же, самый большой прорыв – это использование ботом поисковиков и обработка огромных массивов данных.

Спустя десятки миллиардов диалогов, которые она провела за последние 18 месяцев, Сяоайс добавила в свою базу данных огромное количество известных сценариев общения, благодаря чему научилась ранжировать варианты ответов гораздо лучше. Сегодня 26% данных в коммуникационном ядре Хіаоісе происходит из её собственного общения с людьми, а всё остальное из базы данных стандартных сценариев человеческого общения. Можно утверждать, что



чатбот Хіаоісе вошёл в цикл самообучения и роста, и со временем он будет становиться всё лучше.

Дальнейшая работа с подобными «разговорными» самообучающимися ботами может принести огромную пользу.

## Литература

- 1 Чекина М.Д. "Философские проблемы искусственного интеллекта".
- 2 <http://nautil.us/issue/33/attraction/your-next-new-best-friend-might-be-a-robot>
- 3 [https://ru.wikipedia.org/wiki/Тест\\_Тьюринга](https://ru.wikipedia.org/wiki/Тест_Тьюринга)

С.Г. Казанцева

## ДОСТИЖЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В ПОВСЕДНЕВНОЙ ЖИЗНИ САМАРЫ НА РУБЕЖЕ XIX-XX ВЕКОВ

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Темпы научно-технического прогресса в XIX веке были значительно ниже, чем сейчас, но, тем не менее, он приносил свои плоды. Достижения науки и техники все чаще использовались в повседневной жизни людей. В первую очередь в тех сферах культуры, где ими можно было воспользоваться большому количеству людей. В Самаре достижения технического прогресса начинают проникать в повседневную жизнь и служить людям в конце XIX века. Способствовали этому люди, неравнодушно относившиеся к своему городу, своим соотечественникам. Многие новинки техники появились у нас в Самаре, благодаря благотворительной деятельности купцов, предпринимателей и просто неравнодушных людей.

В первую очередь достижения технического прогресса использовались в здравоохранении и призрении бедных. Так известный в Самаре и губернии купец и промышленник Антон Николаевич Шихобалов учредил больницу, которую он обеспечил капиталом на «вечные времена» в 14 258 руб.10 коп. в год. Эта больница была построена по последнему слову техники. Двухэтажное каменное здание, в котором помещались больные, кроме того, корпус для квартир медицинского персонала, электрическая станция, механическая прачечная, дезинфекционная камера, часовня и другие хозяйственные службы. Для больных была организована библиотека. Больница была рассчитана на 50 кроватей, 25 из которых были бесплатными. Кроме того, в ней был рентгеновский кабинет, водолечебница, специальный кабинет для электротерапии и электродиагностики, две операционные, аптека, буфет и кухня [2, 88].

В 1898 году другой купец Иван Михайлович Плешанов подарил Самаре участок земли и деньги на строительство городской больницы [3]. Строительство больницы продолжалось до 1904 года. Больница была каменная с хозяйст-



венными постройками. Больничный корпус был рассчитан на 50 стационарных больных. Они вносили небольшую плату за лечение, бедные больные лечились бесплатно. Все амбулаторные больные вне зависимости от материального положения получали консультации и лечение бесплатно. Кроме того, больница брала на себя похороны неимущих [4]. В 1903 году в больнице было проведено водяное отопление, канализация и вентиляция [6]. Все это стало возможным благодаря финансовой поддержке купца.

В 1900 году было закончено строительство богадельни на средства Лаврентия Семеновича Аржанова. Она состояла из трех каменных зданий, а также разного рода надворных построек. Богадельня была построена по последнему слову техники. В ней был водопровод, канализация, электрическое освещение и caloriferное отопление [5]. В богадельне призывалось 80 человек. Кроме того, во дворе богадельни Аржановым была построена приходская школа, рассчитанная на 40 учеников. До 1913 года богадельня, школа и все надворные постройки были собственностью Лаврентия Семеновича и содержались за его счет [8].

Достижения технического прогресса использовал в своей предпринимательской деятельности австрийский подданный Альфред фон Вакано. Жигулевский пивоваренный завод был построен им в Самаре в конце XIX века. Завод работал по баварской технологии, что обеспечивало высокое качество продукции, а, следовательно, и большой доход. Это давало Альфреду Филипповичу принимать участие в благотворительной деятельности.

В Самаре жизнь и деятельность фон Вакано концентрировалась вокруг завода. Так, для укрепления волжского берега напротив завода, а также для устройства сада и организации места для прогулок горожан фон Вакано построил набережную. Эта набережная площадью 1231 кв. саженей обошлась ему в 6862 рубля [9, 37]. Многие он сделал и для заводских рабочих. Построил казарму для одиноких на 115 кроватей, отдельный дом – для семейных рабочих, 39 квартир для служащих, столовую, баню, паровую механическую прачечную, читальню, библиотеку для служащих и рабочих. А еще аптеку, больницу, приемный покой, в котором трудились три врача и постоянная фельдшерица. Школа и детский приют дополняли «социальный пакет» от фон Вакано [9, 37].

Он прославился тем, что полностью оплатил проект и строительство канализационной системы в Самаре. Один из участков канализации фон Вакано построил за свой счет: «...я предложил городской Думе, для покрытия расходов по устройству этого участка канализации, принять от меня в распоряжение города безвозмездно 25 000 рублей из личных моих средств и 15 000 рублей в виде беспроцентной ссуды при условии погашения таковой из первых доходов этой частичной канализации» [7].

Достижения технического прогресса использовались в Самаре также и в сфере художественной культуры. Так, в связи с оживлением театральной жизни, с одной стороны, и полной непригодностью старого здания театра, с другой, в апреле 1886 года Самарская Дума приняла решение о строительстве нового театра. Инициатива принадлежала городскому голове П.В. Алабину и присяж-



ному поверенному К.К. Позерну. Изначально новому театру отводилась особая роль: он должен был стать частью нового образа Самары как передового культурного города. Его строительство было поистине в центре внимания всего самарского общества. В судьбе театра активное участие принимает купечество. Скорее всего его вкусы повлияли на выбор проекта здания - театр был построен в псевдорусском стиле. Проект был разработан петербургским архитектором Михаилом Николаевичем Чичаговым и представлял собой имитацию московского зодчества XVII века. Чисто купеческим размахом и тщеславием веет от стремления театральной комиссии “облагородить” внутренне убранство здания - “поставить в фойе театра в главном зале, большой, в приличной позлащенной раме, во весь рост портрет Государя Императора, и в той же зале устроить фонтан, убрав его экзотическими растениями” [10, 42]. В результате сумма расходов на строительство к моменту его окончания выросла до 160 000 рублей, вместо 85 000 запланированных по смете, но зато он имел все новейшие вентиляционные, акустические и противопожарные приспособления, газовое освещение, а декоративная обстановка сцены восхищала современников. Зрительный зал был рассчитан на 1 123 места [1, 143]. “Саратовский листок” в октябре 1888 года констатировал: “Как никак, а театр вышел хорошенький, очень красивый, можно смело сказать, что Самара счастлива своим театром, гордится им, любит его, даже чванится и нисколько не жалеет затраченной суммы” [11].

Приюты, школы, училища... Больницы, богадельни, странноприимные дома... Публичный музей с богатой коллекцией, библиотека, постоянный театр... Многие из этого оснащено по последнему слову техники конца XIX – начала XX века. Достижения технического прогресса стояли на службе горожан, благодаря финансовой поддержке и помощи неравнодушных, дальновидных, просвещенных людей, осознававших личную ответственность перед обществом. Плоды благотворительной деятельности дворян, купцов, заводчиков, мещан Самара пожинала долгие годы. Следы этой деятельности, несмотря ни на что, до сих пор остались в облике старой Самары.

### Литература

1. Адрес-календарь г.Самары на 1889 год [Текст].
2. Антон Николаевич Шихобалов. Его жизнь, просветительные и благотворительные учреждения его имени [Текст]. - М., 1912. - 300 с.
3. ГАСО. Ф.153. Оп.37. Д.160.
4. ГАСО. Ф.153. Оп.36. Д.912. Л.133.
5. ГАСО. Ф.153. Оп.1. Д.751 Л.324-329.
6. ГАСО. Ф.153. Оп.1. Д.701 Л.529об.
7. ГАСО. Ф.153. Оп.10. Д.369. Л.17 об.
8. ГАСО. Ф.170. Оп.12. Д.4111. Л.1-4.
9. Казанцева, С. Нравственно обязан. Традиции благотворительности в Самарской губернии на рубеже XIX-XX веков [Текст]: Историко-публицистический очерк / С.Казанцева, О.Зубова. – Самара: Печатный двор «САМБР», 2005. – 74 с.: ил.



10. Молько, В.И. Путешествие по одной улице: Документальное повествование [Текст] / В.И.Молько. - Куйбышев, 1987. - 182 с.

11. Письмо из Самары [Текст] // Саратовский листок. - 1888. - 18.X.

М.В. Клёцкин

## О ЦЕННОСТНОМ АСПЕКТЕ СОЗДАНИЯ «КВАНТОВОГО СОЗНАНИЯ» ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени С. П. Королёва)

В докладе представлены некоторые предложения по алгоритмизации процесса принятия решений искусственным интеллектом (ИИ). Особая роль отводится при этом формализации ценностного отношения, так как, по нашему мнению, именно ценностное отношение является «механизмом» реализации практической формы мироотношения человека.

Ценностное отношение в самом общем виде можно сформулировать выражением «для того, чтобы». Перед ИИ, воспроизводящим процесс человеческого мышления, ставится задача, требующая определённого решения. Далее ИИ ищет материал и орудия для разрешения задачи. Создание искусственного интеллекта, таим образом, невозможно без математической формализации структуры целеполагания. ИИ должен также научиться *оценивать* имеющиеся в его памяти объекты, со всеми их известными свойствами, как материал и (или) орудия осуществления целеполагания.

Большую трудность представляет собой решение проблемы постановки задач для искусственного интеллекта. В идеале ИИ должен самостоятельно определять как насущные проблемы, требующие решения, так и направления деятельности. В психике человека проблемы требующие решения «прорываются» из бессознательного пласта душевной жизни, когда их реализация становится необходимой для выживания. Например, имеется в виду реализация безусловных рефлексов: таких как желания есть или пить; а также желаний, обусловленных социальной необходимостью их реализации. Желания разнятся по степени интенсивности и в фокусе сознания находится только одна, самая важная на данный момент. Получается, что именно бессознательный пласт мышления чаще всего основным ставит задачи сознанию, поэтому перед разработчиками ИИ неизбежно встаёт трудная проблема алгоритмического воспроизведения работы бессознательного.

Как научить ИИ выделять существенное в потоке обрабатываемой информации? Практика предполагает как чёткое понимание цели деятельности, так и максимально точное знание материала деятельности. Одна из форм активности познания - умение различать свойства используемых объектов. Работа только с известным «материалом» существенно ограничивает область применения ИИ, не позволяя ему развиваться и находить новые способы достижения



результатов целеполагания и приспособления к окружающей среде. ИИ должен создавать свой особый мир – пригодную для деятельности «виртуальную реальность». В такой «реальности» каждый объект будет иметь своё «место» в конструируемом ИИ пространстве, обусловленное удобством использования объекта. Такое пространство совсем не обязательно должно воспроизводить структуру привычного для каждого человека пространства макромира. Современные исследования убедительно демонстрируют, что пространственные представления не заданы априорно, а конструируются самим человеком в процессе жизнедеятельности как наиболее удобная структура оперирования физическими объектами. В частности, наиболее перспективным в плане математической формализации «пространства» ИИ нам представляется реляционная концепция пространства-времени, разработанная российским учёным Ю.С. Владимировым [1].

Нам представляется интересной концепция М.Б. Менского, который предлагает использовать для моделирования работы «квантового сознания» «эволюционирующие» квантовые компьютеры. В «квантовой концепции сознания» (ККС) «сознание» ИИ обеспечивает независимость разделения альтернатив, существующих по квантовому принципу «суперпозиции» в бессознательном. Как мы не знаем в квантовой физике состояние элементарной частицы до её обнаружения макроприбором, так и для сознания бессознательное представляется «чёрным ящиком» суперпозиции, в котором все альтернативные пути развития сознания существуют в единстве и одновременно. «В модели квантового сознания индивидуальные компоненты суперпозиции могут моделировать те альтернативы, на которые сознание делит квантовое состояние мира. Информация, содержащаяся в каждой компоненте, является моделью «альтернативной классической реальности», т.е. альтернативного состояния живого существа и его окружения» [2, с. 266-267]. Формирование «компонент суперпозиции» происходит извне, под воздействием окружающей среды, в процессе переработки поступающей информации. Реализация одной из альтернатив (редукция состояния) происходит в процессе *эволюции* квантовой суперпозиции на основе заранее смоделированной разработчиками ИИ рациональной модели выживания. По существу, такая «эволюция» должна моделировать ценностное отношение - сравнивать и оценивать альтернативы развития квантового сознания, но актуализировать и реализовывать только одну.

## Литература

1. Владимиров Ю.С. Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. Часть 1. Теория систем отношений. - М.: Издательство МГУ, 1996. – 262 с.
2. Менский М.Б. Сознание и квантовая механика: Жизнь в параллельных мирах (Чудеса сознания – из квантовой механики). – Фрязино: Век 2, 2011. – 320 с.



Н.Ю. Кривопалова

## ВКЛАД ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УЧЕНЫХ В ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА В НАУЧНОМ ПОЗНАНИИ В НАЧАЛЕ XX В.

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

В начале XX в. появились важные условия формирования системного подхода в научном познании. Одним из них стала разработка в биологии органических концепций, в которых организм понимался как органическая целостность, системность во взаимосвязанности и взаимозависимости всех его частей. Новые концепции должны были обеспечить возможность объяснения сложных явлений, которые невозможно было познавать только через изучение составляющих их элементов. Встала проблема изучения связей между элементами, принципов организации живого на его различных уровнях [1].

В этом направлении значимый вклад внесли отечественные ученые. Это было отмечено в статье И.В. Блауберга (1973 г.), явившейся первой работой в отечественной науке по истории системного подхода. Так автор указывает, что выдающийся русский кристаллограф Е.С. Федоров в 1906 г. приходит к выводу об универсальности принципа подвижного равновесия, ставшего одним из главных принципов современного системного подхода. Е.С. Федоров создал свое учение об общих законах совершенствования в природе. Эта теория («перфекционизм») основывалась на введенном им понятии «стройности» [2].

Российский физиолог Н.А. Белов в 1910-х гг. своим представлением об организме как динамической самоуправляемой системе предвосхитил некоторые общебиологические идеи Л. фон Берталанфи [3], которого многие исследователи считают основоположником системного подхода и создателем общей теории систем. Л. фон Берталанфи опубликовал свои первые исследования в 1925-1926 гг., они также были выдержаны в русле организмизма [4].

Другим важным условием развития системного подхода в начале XX в. стало складывание фундаментальных теорий макро- и микромира. В связи с этим возникала потребность в новом подходе, удовлетворяющем условиям качественного углубления научной картины мира и возрастания сложности самого научного знания. Современные исследователи отмечают близость к системной проблематике ряда изысканий начала XX века, посвященных разработке новых научных концепций мира. Системно-структурные принципы развивались такими крупными отечественными учеными, как В.И. Вернадский (учение о биосфере), И.И. Шмальгаузен (биология), Н.А. Бернштейн (физиология высшей нервной деятельности) и др. [5] В схожем направлении трудился и Н.О. Лосский – работа «Мир как органическое целое» (1915 г.). В итоге понятие «система» стало употребляться в науке для объяснения строения реальных объектов. Тем самым были сформированы условия для перехода к утвержде-



нию системного подхода в отдельных науках, а на основе этого и к созданию в последующем общей теории систем.

По вопросу о времени создания и авторе общей теории систем существуют разные точки зрения. Традиционно понятие «общая теория систем» связывается с именем австрийского биолога Людвиг фон Берталанфи, так как он первым применил этот термин в 1940-х гг. По его мысли этот термин должен был отразить всеобщность, универсальность системных принципов выявленных им в биологии. Однако свой проект общей теории систем задолго до Берталанфи, не употребляя этого термина, выдвинул отечественный философ, экономист и физиолог Александр Александрович Богданов (1873-1928). В силу того, что впоследствии системное движение развивалось в основном на Западе, о трудах А.А. Богданова забыли и вспомнили лишь в 1970-е гг.

В первой же своей философской работе Богданов писал о необходимости создания единой науки с «всеобщей точкой зрения» (идея общей теории систем) [6]. Главным трудом А.А. Богданова является двухтомник «Тектология. Всеобщая организационная наука», опубликованный в 1913-1917 гг. В этой работе Богданов изложил основы той самой единой науки. А.А. Богданов следующим образом объясняет выбор термина для обозначения своей концепции: «тектология» в буквальном переводе с греческого означает «учение о строительстве». «Строительство» – наиболее широкий, наиболее подходящий синоним для современного понятия «организация» [7].

Основная идея тектологии заключается в единстве строения и развития самых различных систем («комплексов») независимо от того материала, из которого они состоят. Это системы любых уровней организации – от атомных и молекулярных до биологических и социальных [8]. Тектология должна была изучать способы организации, наблюдаемые в природе и в человеческой деятельности, а затем обобщать эти способы и в итоге выявить закономерности развития организационных методов. Успех тектологических обобщений и выводов, по мнению Богданова, должен был зависеть, прежде всего, от правильных способов организации тектологического анализа [9].

Исследователи отмечают, что категориальный аппарат и основные положения тектологии по содержанию практически идентичны тем, которые лежат в основе современного системного подхода. В «Тектологии» была предвосхищена идея обратной связи («бирегулятор» по терминологии Богданова) и сформулирована идея изоморфизма систем, на которой базируется общая теория систем Л. фон Берталанфи [10].

Таким образом, анализ идей отечественных ученых показывает существенный их вклад в разработку вопросов системного подхода в научном познании в начале XX в.



### Литература

1. Берталанфи Л. фон. История и статус общей теории систем // Системные исследования: Методологические проблемы. Ежегодник. М., 1973. С. 23.
2. Блауберг И.В. Системный подход как предмет историко-научной рефлексии // Системные исследования: Методологические проблемы. Ежегодник. М., 1973. С. 14.
3. Там же.
4. Берталанфи Л. фон. Общая теория систем – обзор проблем и результатов // Системные исследования. М., 1969. С. 36.
5. Блауберг И.В., Юдин Э.Г. Становление и сущность системного подхода. М., 1973. С. 106-107.
6. Гловели Г.Д. Тектология: генеалогия и историография. Предисловие к новому изданию «Тектологии: всеобщей организационной науки» А.А.Богданова. М., 2003.
7. Богданов А.А. Тектология: всеобщая организационная наука. В 2 кн. М., 1989. Кн.1. С. 92.
8. Там же. С. 126.
9. Там же. С. 134.
10. Садовский В.Н. Людвиг фон Берталанфи и развитие системных исследований в XX веке // Системный подход в современной науке: [сб. ст.] (к 100-летию Л. фон Берталанфи). М., 2004. С. 25-27.

С.И. Лихачева

### ИСКУССТВО И НЕ-ИСКУССТВО С ПОЗИЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ<sup>20</sup>

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Один из самых сложных вопросов эстетики и искусствоведения заключается в том, как отличить искусство от не-искусства. Причем в наибольшей мере этот вопрос актуален для современного искусства, так как те произведения, что отделены от нас столетиями, просто в силу временного фактора могут быть оценены более объективно. Данное рассуждение это попытка поставить вопросы, обозначить проблему и основные её аспекты.

Г.В.Ф. Гегель, сравнивая искусство и науку, говорит о том, что искусство противится регулированию со стороны разума, в отличие от науки, где доминирует сухая мысль и обобщение [1. С. 11-12]. Каждое произведение основано на фантазии и потому уникально, но если так, то общие законы здесь просто не-

<sup>20</sup> Статья выполнена при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации, проект МД-6200.2016.6 "Семиотические основания техники и технического сознания".



возможны, релятивизм и оценка по принципу «нравится / не нравится» – всё, что остается в этом случае.

Тем не менее, искусство, как и всё, создаваемое человеком, есть способ высказывания, форма коммуникации, способ организации рефлексии. А всякое высказывание «надеется» на понимание, даже то, которое, на первый взгляд, замкнуто в самом себе. Но, стремясь к пониманию, человек, так или иначе, пытается сформулировать некие общие правила, поскольку понимание возможно только на основе уже имеющихся у человека знаний, на основе предыдущих «пониманий», иными словами, всякое понимание есть понимание по аналогии. Значит, размышляя об искусстве, оценивая артефакт, человек будет искать какие-то общие законы, могущие ему помочь наиболее полно и точно оценить и понять данное произведение. Обозначим несколько основных критериев:

- степень контроля материала (техническое мастерство);
- форма;
- идея (содержание).

**Техническое мастерство или уровень контроля материала** очевидно необходим, так как является условием воплощения, осуществления замысла художника. Чтобы изобразить что-то, человек должен элементарно уметь рисовать. Но здесь сразу возникают два возражения. Первое: как в этом случае отличить рисовальщика-виртуоза от художника? Это очень легко проиллюстрировать на примере такого направления изобразительного искусства, как гиперреализм. Авторы, проявляющие себя в рамках данного направления, часто способны с абсолютной точностью воспроизвести на бумаге фактуру любого материала, изобразить брызги волны, так, что это изображение не отличишь от фотографии. Но возникает вопрос: для чего художнику выполнять работу фотопринтера? И можно ли всерьез считать подобные работы – искусством?

Дальше. Что касается уровня, степени владения материалом, то, если говорить о станковой живописи, то здесь мы с каждым годом, десятилетием не приобретаем, а теряем. Та культура тона и цвета, которая была создана художниками Возрождения, утрачивается, и восстановить эти знания не представляется возможным. Живописцы кватроченто просто не считали нужным записывать те рецепты красок, разбавителей и т.п. вещей, так как в то время эти знания были чем-то само собой разумеющимся. Теперь же мы имеем дело с гораздо более упрощенной и грубой «версией» живописи. Но если так, то о каком уровне владения материалом в рамках современного искусства можно всерьез говорить, если уже С. Дали был готов отдать на отсечение свою левую руку, лишь бы взглянуть, в какую волшебную смесь окунал свою кисть Вермеер? [2].

**Форма.** Ф. Шиллер, утверждая преимущество формы над содержанием, говорит о том, что форма «действует на человека в целом, содержание же – лишь на отдельные силы. Содержание, как бы оно ни было возвышенно и всеобъемлюще, всегда действует на дух ограничивающим образом, и истинной эстетической свободы можно ожидать лишь от формы» [3. С. 41]. Именно этот тезис, по нашему мнению, является фундаментальным для того направления современного искусства, которое принято называть *концептуальным*. Именно





там форма стоит во главе угла, как бы авторы ни доказывали обратное. Но парадокс заключается в том, что доведенная до абсурда, абсолютизированная форма не становится залогом свободы эстетического переживания. Скорее в современном искусстве мы видим вот что: вся работа понимания отдана на откуп реципиенту, авторы не заботятся о том, чтобы быть понятыми. Чаще всего зрителю представляют некий артефакт, смысл и значение которого он должен понять сам, а вернее, домыслить, а еще вернее – выдумать. Форма становится пустой и может быть наполнена каким угодно содержанием, одно больше не обуславливает другое. Но в этом случае, не перестает ли изобразительное искусство выполнять свою основную работу – быть *изобразительным* искусством, т.е. воплощать в той или иной форме объекты реального мира<sup>21</sup>?

**Идея (содержание).** По Г.В.Ф. Гегелю, содержание (дух) доминирует над формой и материалом. Именно содержание, прошедшее отбор, освобожденное от случайного, временного, от привязки к моменту, того, что искажает идею, и является тем, посредством чего абсолютный дух осуществляет себя в действительности. На этом построено все классическое искусство, разумеется, не исключая должного внимания к мастерству художника. В нем всё идет от сюжета, от идеи. Произведение, по Гегелю, прекрасно настолько, насколько художнику удалось слить воедино идею и образ. Идея носит внутри себя принцип и способ своего проявления, и, таким образом, создает собственную форму [1. С. 81]. Но реализм как художественный метод, как способ существования изобразительного искусства, «закончился» на постимпрессионистах. А дальше было следование за формой, её господство и, по сути, её гибель, потому что в итоге всё «упёрлось» в «Черный квадрат» К. Малевича. Реализм как таковой, генезис которого, безусловно, в искусстве возрожденцев, прекратил своё существование. То, что принято называть реализмом сейчас, это скорее инерция, но никак не прорыв, не новое слово в искусстве<sup>22</sup>.

Но в таком случае, если ни один из указанных критериев не является определяющим и не может помочь в полной мере оценить тот или иной артефакт, как быть? Если рассмотреть произведение живописи как знак, а изобразительное искусство в целом как семиозис, то можно предположить, что прежнее, классическое искусство, каким мы привыкли его воспринимать, это своего рода коммуникативный семиозис, так как представляет собой некое высказывание творческого человека. Высказывание, предполагающее ответ в виде понимания или же эмоциональной реакции. На наш взгляд, если живопись, шире – пластические искусства в целом и могут существовать не по инерции в настоящее время, то для этого необходимо создавать новые смыслы, отталкиваясь от фор-

<sup>21</sup> Понятие «реальность» в данном случае может быть рассмотрено максимально широко: реальность сновидений, реальность эмоциональных переживаний и т.д. так же входит сюда. Но, будучи изображенной средствами живописи, реальность сна, всё же, должна маркироваться как таковая.

<sup>22</sup> В рамках данного рассуждения не рассматриваются такие направления изобразительного искусства, как, например, граффити, так как подобные жанры требуют отдельного рассмотрения.



мы и материала, транслируя эти смыслы в реальность, но не оставляя проблему создания смыслов реципиенту. Иными словами, понимание изобразительного искусства должно трансформироваться в пользу проективного семиозиса, активной технической деятельности.

### Литература

1. Гегель Г.В.Ф. Эстетика. В 4 т. Т. 1. М.: Искусство, 1968.
2. Дали С. 50 магических секретов мастерства. М.: ЭКСМО-Пресс, 2002.
3. Шиллер Ф. Письма об эстетическом воспитании человека.
4. Нестеров А.Ю. Семиотическая интерпретация понятия прекрасного у Г.В.Ф. Гегеля // Вестник НГУ. Серия: Философия. 2007. Том 5, выпуск 1.
5. Нестеров А.Ю. Вопрос о сущности техники в рамках семиотического подхода // Вестник СГАУ. Т.14, №1. 2015.

С.А. Лишаев

### АНТРОПОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ ДОМАШНЕГО ФОТОАРХИВА

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Среди множества новаций, привнесенных в человеческую жизнь технологическими революциями последних столетий, одно из самых заметных – фотография. Появление машинных способов фиксации сущего в форме фотографических образов, пригодных для длительного хранения, тиражирования и трансляции – событие, сопоставимое по своей важности с такими изобретениями, как письменность и печатный станок. Освоение операции сброса опыта и знаний на внешний носитель на много порядков расширило объем персональной и коллективной памяти, объективировало образы восприятия, мысли, чувства, знания и позволило работать с ними с сохранением рефлексивной дистанции. Объективация персонального опыта в письме стала, среди прочего, важным условием реализации проективного отношения человека к своей жизни на индивидуальном уровне. Изобретение фотографии на много порядков расширило возможность сохранения в памяти визуальных образов лиц, событий, пространственных конфигураций общественной и частной жизни.

Социальные и антропологические эффекты распространения фотографии очень разнообразны. Многие из них связаны с появлением в XIX-XX веках домашних фотоархивов. До изобретения фотокамеры рукописные архивы обслуживали потребности общественных организмов и создавались при институциях (при церкви, государстве, университете и т.д.), а с Нового времени они входят в жизнь представителей общественной элиты («образованного общества»). Основу архивов составляли тексты.

Хотя возможность визуальной фиксации жизни существовала задолго до изобретения фотографии, но из-за сложности, трудоемкости и дороговизны



создания рукотворных образов они составляли ничтожную часть архивных хранилищ (рисунки, иллюстрации рукописей, картины и т.д.). Умеющих хорошо писать было заметно больше, чем тех, кто умел хорошо рисовать. Запрос на демократизацию визуальной фиксации образов увенчался изобретением фотоаппарата и формированием нового типа хранилища документальных свидетельств былого – домашнего фотоархива.

С изобретением фотографии архив стал общей для всех слоев общества частью семейного быта. Во второй половине XIX-го столетия (в городских семьях) фотоархив – это уже обычное, рядовое явление, а к середине XX века фотоархивы появляются в деревенских семьях. Визуальный архив, формируемый с помощью фотокамеры, становится всеобщим достоянием. Те, кто не мог описывать происходящее с ним и его близкими в письменной форме, стал рассматривать его с помощью фотографии. Фотографировать жизнь проще, чем описывать. Появление архива фотообразов, фиксирующих все сколько-нибудь важные моменты в жизни семьи, вызвало множество социальных и антропологических эффектов. Самые заметные из них – это переформатирование биографической памяти и новые способы работы над собственной идентичностью.

Домашний фотоархив – место памяти рода и индивида. Как же меняется биографическая память по ходу работы с фотоархивом? Прежде всего, следует обратить внимание на то, что фотография не только дополняет ее, но и меняет качество памяти, ее содержание и структуру. За счет чего это происходит? В ходе взаимодействия с фотоархивом происходит частичное замещение образов спонтанной, произвольной памяти (того, что само помнится) фотообразами. Происходит переформатирование визуальной (а отчасти и общей) памяти как произвольного и произвольного памятования прошлого в фото-конструкцию памяти, создаваемую по ходу работы с фотоархивом. Фото-конструкция памяти соединяется с тем, что «само помнится» (с «памятным») и с тем, что я помню, потому что считаю это для себя важным.

За счет чего же фотообразы проникают в нашу автобиографическую память, и как они воздействуют на образы, сохранившиеся в ней произвольно? Что они в нее вносят нового?

1. В процессе многократного просмотра снимков фотоизображения закрепляются в долговременной памяти и замещают произвольные воспоминания относительно событий и лиц, которые запечатлела фотокамера. Происходит это потому, что фотографические образы – это образы объективированные, образы на внешних (по отношению к человеку) носителях. Они вытесняют произвольно сложившиеся образы прошлого благодаря присущей им отчетливости и неизменности (образы на фотографиях не меняются при многократном к ним обращении). В пользу закрепления фотообразов вместо спонтанных образов памяти работает и то обстоятельство, фотографии становятся посредниками в нашем общении с другими людьми, на них фиксируется внимание во время демонстрации фотоальбомов, снимок дает визуальные основания и пово-



ды для рассказа о минувших событиях и успешно закрепляются в сознании рассказчика<sup>23</sup>.

2. Фотография вносит в нашу память множество образов, которые выходят за пределы нашего кругозора, за пределы восприятий и переживаний, которые можно назвать «нашими». В дофотографическую эпоху в памяти индивида отсутствовали образы самого себя (за исключением тех случаев, когда он располагал портретами и рисунками, выполненными художником), и он не мог помнить себя в кругозоре другого. Фотография снабжает нас образами нашего тела, увиденного «со стороны», в кругозоре «человека с фотоаппаратом». Сегодня мы помним себя точно так же, как помним других людей. Мы помним, как мы выглядели, когда нам было 5, 10, 20, 30 лет...

3. Имея дело с фотографическими образами, мы помним не то, что восприняли когда-то в актах восприятия «первой реальности», а образы, «написанные светом» с помощью фотокамеры (то есть технические, машинные образы как «абстракцию третьей степени»<sup>24</sup>). Помня фотографией (через снимок), мы помним иначе, чем если бы опора на фотообраз отсутствовала; природа фотообразов отличается от природы образов, сотканных в нашем восприятии. Фото-конструкция образа – это конструкция техногенного образа.

4. Работа с фотоархивом приводит к тому, что в воспоминаниях сохраняются *случайные* образы, которые были бы забыты нами, если бы не было фотографий. Эти образы, оказавшись случайно на фотографиях, которые содержат в себе что-то важное, значительное для нас, невольно (для нас) сохраняются в памяти («образы-контрабандисты»). Благодаря фотографии мы нередко помним то, что не имеет экзистенциальных причин, чтобы его помнить.

Таким образом, работа с фотоснимками из домашнего архива приводит к частичному вытеснению образов спонтанной памяти, она позволяет нам помнить себя такими, какими мы себя не видели, она ставит наши воспоминания в зависимость от механики и оптики фотокамеры и не позволяет забыть образы, которые лишены для нас значимости. В современной ситуации я уже не могу сказать, что из моей жизни помню я сам, а что помнится мне благодаря фотографии. Мне никогда не узнать, что содержала бы моя память, если бы у меня не было фотоархива. С его появлением память изменилась. Она стала более рациональной и вместе с тем – случайной по составу включенных в нее визуальных образов.

Рационализация памяти под воздействием фотоархива означает, что память приобретает характер осознанно или полусознанно возведенной конструкции. В случае с индивидуальной памятью происходит процесс аналогичный рационализации коллективной памяти. Традиционное общество заранее опре-

<sup>23</sup> Подробнее см.: Лишаев С. А. Помнить фотографией. – СПб.: Алетей, 2012. С. 30-36.

<sup>24</sup> Так определяет фотообраз теоретик фотографии В. Флюссер, который рассматривает его в качестве образа, «абстрагированного от текста, который сам абстрагирован от традиционных образов, а они, в свою очередь, абстрагированы от конкретного мира» (Флюссер В. За философию фотографии \ пер. с нем. Г. Хайдаровой. СПб: Изд-во С.-Петерб. ун-та, 2008, 2008. С. 13).



деляло для подавляющего большинства людей вопрос об их идентичности, давая каждому человеку определенные ориентиры, позволявшие ему без особых затруднений ответить на вопрос: «Кто ты такой?».

Если традиционное общество разрушено и возможность провести самоидентификацию «автоматически», «по умолчанию» отсутствует, тогда человеческая жизнь приобретает отчетливую *форму проекта*. Чтобы быть, надо быть кем-то, а чтобы быть кем-то и «что-то значить», необходимо соотносить себя с каким-то образом, с чем-то сверхиндивидуальным, ценным, значимым.

Эти фундаментальные перемены приводит к рационализации отношения человека к самому себе и к активизации саморефлексии. Иногда она бывает последовательной, сознательной, но чаще – полусознательной. Когда мы вспоминаем свою жизнь, выстраиваем ее *картину* с помощью фотографии, мы невольно дополняем спонтанную память («память сердца») «архивными материалами», то есть собираем фото-конструкцию прошлого, и переходим (в своем автобиографическом сознании) в режим истории-памяти<sup>25</sup>. Семейная и персональная история воссоздается *с оглядкой и на произвольную память*, и на *желанный образ себя*, задаваемый идентификацией с определенными смыслами и обусловленный экзистенциальным проектом.

Работа над составлением фотоальбома оказывается вместе с тем и работой над конституированием собственной идентичности и ее закреплением в сознании. Произвольную память мы дополняем ее рациональной реконструкцией, историей-памятью. Работа с фотоархивом, составление фотоальбомов «для себя» и «для внешнего пользователя» – это техника самопознания и самоконституирования, современная форма «заботы о себе».

Постиндустриальное общество (можно определить его также как общество изобилия, как консьюмеристское, потребительское, информационное общество) столкнулось с ситуацией, *когда проблемой становится не недостаток, а избыток*. Об избытке говорят тогда, когда чего-то становится больше, чем мы можем использовать по его назначению. Избыток чего-либо приводит к инфляции того, чего стало слишком много. Важная особенность современного (то есть цифрового) фотоархива в том, что он становится (отчасти уже стал) необозримым. Множество фотографий не устаиваются более, чем однократного беглого просмотра. Человек производит фотографий больше, чем может обработать, то есть превратить снимок в единицу хранения архива. Это приводит к кризису фотоархива как важного феномена современной культуры.

Мы сегодня можем наблюдать, как *процесс фотографирования и демонстрация фотографий* в расчете на сиюминутный отклик в социальных сетях (без какой-либо попытки структурировать поток фотообразов в персональный архив) становится все более распространенной практикой. Проблема сохране-

<sup>25</sup> Различие между памятью, историей-памятью и историей-критикой применительно к коллективной памяти нации вводится французским историком Пьером Нора (См.: Нора П. Проблематика мест памяти // Франция-память / П. Нора, М. Озуф, Ж. де Пюмеж, М. Винок. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та. С. 17-50).



ния персонального фотоархива как инструмента самосознания и самоидентификации ставит перед современным человеком задачу по контролируемому уничтожению его частей ради сохранения самого архива как инструмента структурирования персонального прошлого.

### Литература

1. Лишаев С. А. Помнить фотографией. – СПб.: Алетей, 2012. 140 с.
2. Нора П. Проблематика мест памяти // Франция-память / П. Нора, М. Озуф, Ж. де Пюмеж, М. Винок. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та. С. 17-50.
3. Флюссер В. За философию фотографии \ пер. с нем. Г. Хайдаровой. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2008. 146 с.

А.Ю. Нестеров

### ТЕХНИЧЕСКОЕ СОЗНАНИЕ В КОНЦЕПЦИИ УНИВЕРСИТЕТА 3.0: ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ<sup>26</sup>

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

#### 1. Что такое техническое сознание?

Под техническим сознанием понимается субъект инженерного или технического (технично-технологического) мировоззрения.

Техника (в смысле техне):

- «всякое обращение наружу, всякое воздействие на материю» у П. Энгельмейера
- «реальное бытие из идей посредством целевой организации и обработки из данных природой запасов» у Ф. Дессауэра
- о техническом речь может идти тогда и только тогда, когда «предметы искусственно изготавливаются человеком и применяются с определёнными целями» у Г. Рополя.

Техника – материально выраженная рефлексия. Три ступени свободы рефлексии: игра разума (фантазия, вымысел, ограничение способностью представления), языковая игра (ограничение грамматиками, синтаксисом – литература), материальное воплощение в субстрате чувственного восприятия, создание искусственных предметов (ограничение законами материи). Техническая рефлексия – высшая, подверженная наиболее жёстким ограничениям форма рефлексии.

<sup>26</sup> Статья выполнена при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации, проект МД-6200.2016.6 "Семиотические основания техники и технического сознания".



Три типа технической рефлексии как три типа искусственных объектов или три типа технического сознания: традиция, где техника есть способ выживания человека в естественной природной среде; «вторая природа», где техника есть способ замещения естественной среды искусственной; «третья природа», где техника есть способ управления рефлексией.

Поскольку инженер (инженерное или техническое сознание) – субъект технической рефлексии, необходимо выделять три типа инженерии (три типа мышления и **три уровня ответственности, то есть три типа этики**).

## 2. Что такое инженерное знание?

Всякое техническое сознание как субъект технического мировоззрения – это механизм управления знаниями. Существенная проблема – что есть знание? Какое знание относится к техническому и в чём его специфика на фоне научного, бытового, религиозного и т.д.?

Знание – это способ работы с правилами, система обоснованных истинных убеждений. Например, научное знание отличается от прочих способом обоснования (познание есть открытие причин, наука есть соединение чувственного восприятия и логического анализа).

Очевидно, знание – это семиотическая конструкция, невозможная вне той или иной модели акта познания. Знание – это определённого рода способ работы со знаками, определённого рода семиозис, подразумевающий взаимодействие ряда слоёв и типов семиозиса.

Всякий семиозис носит либо рецептивный, либо проективный характер: знаки либо воспринимаются и расшифровываются (интерпретируются и понимаются), либо применяются и создаются. Знание, таким образом, существует в рецепции и проекции. В самом простом случае, если знание – это способ работы с правилами, то правила либо выявляются, либо применяются: на каждом шаге всякий субъект располагает конкретной суммой выявленных правил и конкретным набором навыков применения правил. **Проблема в соотношении выявленных и применённых правил.**

Проективное знание (способы применения систем обоснованных истинных убеждений) 1) всегда строится на рецептивном и 2) всегда меньше рецептивного. **Проективное знание – это и есть техника как материальная рефлексия, сумма технического меньше суммы рецептивного.**

## 3. Среда знания – университет.

Концепции университета (в версии Д.Горбунова): 1.0 – только обучение, 2.0 – обучение и исследование, 3.0 – обучение, исследование и управление, 4.0 – обучение, исследование, управление и развитие территорий.

1.0 – только рецептивный фундамент знания, без техники. Управление (по В.Лепскому) классическое: целевой или деятельностный подход, иерархия.



2.0 – проективная реализация знания (лаборатории, реальная наука) на фоне фундамента, обратная связь рецепции и проекции. Управление неклассическое: субъектно-деятельностный подход, сеть.

3.0 – рефлексивное управление знаниями как управление контекстом, анализ социальных проекций рецепции и проекции. Университет – управляющая среда. Управление постнеклассическое: метасубъектный подход (оппозиция управления субъект – саморазвивающаяся система) или средовой подход, среда.

4.0 – удержание (создание) границ реальности, не просто рефлексивное управление, но управление рефлексией, уровень контроля прагматических предпосылок разума.

## 4. Аберрации:

- Проекция (инженерия) без рецепции (фундамента). Сеть без иерархии.
- Рефлексия без анализа взаимодействия проекции и рецепции (попытки синтеза без анализа оппозиции тезиса и антитезиса). Среда без сетей и иерархий.
- Попытка управлять рефлексией без ясного осознания первых трёх ступеней управления.

Фундаментальная проблема: каждому субъекту технического мировоззрения в идеале должна соответствовать своя модель управления знаниями:

уровень традиции – университет 1.0,  
уровень второй природы – университет 2.0,  
уровень третьей природы – университет 3.0 и 4.0.

Реальное положение вещей таково, что уровень технического развития находится в состоянии перехода от второй природы к третьей, а уровень управления знаниями – в состоянии перехода от университета 1.0 к 2.0. Нарушается технико-гуманитарный баланс: субъект инженерии не соответствует этическому субъекту (отставание на эпоху!).

## Литература

1. Лепский, В.Е. Эволюция представлений об управлении (методологический и философский анализ) [Текст] / В.Е. Лепский. – М., 2015.
2. Рополь, Г. Техника как противоположность природы [Текст] / Г. Рополь // Философия техники в ФРГ. – М., 1989. – С. 203-221.
3. Энгельмейер, П.К. Философия техники [Текст] / П.К. Энгельмейер. – СПб., 2013.
4. Ястреб, Н.А. Эпистемология технического объекта [Текст] / Н.А. Ястреб // Философия науки. – №2. – 2013.



5. Dessauer, F. Streit um die Technik [Text] / F. Dessauer. – Freiburg im Breisgau, 1959.

6. Ropohl, G. Allgemeine Technologie. Eine Systemtheorie der Technik [Text] / G. Ropohl. – Karlsruhe, 2009.

Г.Н. Оботурова

## ЯЗЫК КАК ИНТЕРФЕЙС КОГНИТИВНО-ИНФОРМАЦИОННОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ СЕТЕВОЙ КОНВЕРГЕНЦИИ

(Вологодский государственный университет)

Философия языка является одним из основных разделов философии науки, которая начинала свое становление и развитие в рамках аналитической философии, перевода «философских проблем в сферу языка и решение их на анализе языковых выражений» [10, с.18]. Особенно значительный вклад в понимания многозначной сущности, природы и специфики естественного языка на этапе неопозитивизма внесли работы «позднего» Л. Витгенштейна, рассматривающего язык в контексте ситуативной деятельности, «семейного сходства», «языковой игры». Разговорный язык, с точки зрения Витгенштейна, есть часть человеческого организма, который не менее сложен, чем сам организм, поэтому человеку невозможно непосредственно вывести логику языка, так как язык переживает мысли и притом так, что «по внешней форме этой одежды нельзя заключить о форме пережитой мысли, ибо внешняя форма одежды обрывается вовсе не для того, чтобы обнаружить форму тела» [1, 4.002].

Подход Витгенштейна к пониманию многообразной, контекстуальной, «игровой» природы языка приобрел свою особую актуальность при решении проблем моделирования интеллектуальных познавательных способностей человека, естественного интеллекта в искусственном и нашел свою своеобразную реализацию в теории фреймов М. Минского. Фреймы, по его утверждению, можно представить в виде сети, состоящей из узлов и связи между ними, «верхние уровни» которых четко определены, так как связаны с устойчивыми, справедливыми понятиями по отношению к предполагаемой ситуации, тогда как «на более низких уровнях имеется много особых вершин – терминалов или «ячеек», которые должны быть заполнены характерными примерами или данными» [5, с. 8].

Такое сетевое рассмотрение и моделирование естественного интеллекта в искусственном становится особенно актуальным на этапе постиндустриального, сетевого общества, в котором, по утверждению М. Кастельса, «наши общества все больше структурируются вокруг биполярной оппозиции между Сетью и «Я» [4, с. 27]. Морфология сети, сетевая логика, с его точки зрения, хорошо приспособлены к «растущей сложности взаимодействий и к непредсказуемым моделям развития, возникающим из творческой мощи таких взаимодействий» [там же, с. 77]. Сетевой подход, основные, исходные концепции которого были



сформулированы Кастельсом, сегодня представляет собой «динамично развивающийся междисциплинарный дискурс, который охватывает все большие массивы научных изысканий в различных областях знания» [9, с. 48].

Особую значимость сетевая методология в анализе актуальных проблем философии языка, науки и техники получает в контексте концепций четвертой промышленной революции, связанной с «развитием глобальных промышленных сетей, созданием интеллектуального производства (Smart Factory), внедрением киберфизических систем, распространением сервисов автоматической идентификации, сбора данных, машинно-машинного взаимодействия и др.» [12, с. 11].

Огромную стимулирующую роль для междисциплинарной разработки и применения сетевой методологии оказывают и бурно развивающиеся НБИК-конвергентные технологии, которые начинают «определять направление развития как технических наук, так и развитие научного знания в целом» [11, с. 20]. В силу этого, современные информационные технологии являются источником создания и выдвижения новых теорий и идей в таких областях, как «философия языка, эпистемология, особенно в отношении проблемы представления знаний, философия науки и история философии» [там же, с. 97]. Так, разрабатываемая в рамках конвергентных технологий парадигма органопроекции, прямого и обратного конструирования, «выявления знания из вещей» позволила «вывести на новый уровень понимание природы технического знания и по-новому поставила эпистемологические проблемы, связанные с репрезентацией, интерпретацией, извлечением знаний» [там же, с. 31].

Концепция органопроекции, моделирование интеллектуальных способностей человека в искусственном интеллекте позволяют рассматривать сетевую когнитивную структуру мозга как прообраз информационной сети, которая, в свою очередь, проецируется на социальную сетевую структуру. Однако, такая «прямая» органопроекция предполагает и обратный ход познавательного процесса – выявление знания из технического объекта для более углубленного понимания исходного прообраза, что «может дать представление об интеллекте человека, принципах его мышления» [там же, с. 37].

Когнитивная, информационная и социальная конвергенция позволяют глубже понять сетевую структуру языка как интерфейса, способа и формы их взаимосвязи. Такие основные принципы сетевой организации, как фрактальность, неоднородность элементов, нелинейная связь между ними, открытость, нестабильность во взаимодействии компонентов, потенциал самоорганизации, возможность эволюции могут быть, благодаря методологии обратного конструирования и «выявления знаний из вещей», применимы для более углубленного изучения мышления, языка, социума.

Необходимость языка как сетевого нейронно-социального интерфейса вытекает из аналогии сети нейронов мозга и социальной сети, имеющих сходную архитектуру, но различные программы управления, что и предполагает не только возможность, но и необходимость языка как интерфейса, переводящего «команды одного программного языка в команды другого» [6, с. 87]. В контек-



сте такой когнитивно-информационно-социальной сетевой конвергентной методологии «слова и выражения языка выглядят своего рода двунаправленным интерфейсом, обеспечивающим доступ нейросети к жизненно важным для организма функциям социальной сети и, наоборот, доступ социальных институтов к социально важным кодам головного мозга» [там же, с. 91].

Роль языка как когнитивно-информационного интерфейса состоит в том, что в пространстве Интернет «вещи получают уникальные имена, информацию о себе и право совершать интеллектуальные операции, вступая в коммуникативные отношения с другими вещами, делая запросы и предоставляя свои данные без участия человека» [11, с. 112]. При этом необходимым условием для дальнейшего развития информационных интеллектуальных систем является «киберсоциализация, обеспечение возможности для машин самостоятельно коммуницировать хотя бы на уровне обмена данными, создание единого «языка» кибервзаимодействия и общих правил коммуникации» [там же, с. 114].

В когнитивно-информационной и социальной сетевой конвергенции роль языка как интерфейса состоит в необходимости пересмотра понятий и подходов классической социальной теории, в формировании новой социальной оптики, которой «необходимо овладеть социальному исследователю, если он желает постичь сложность общества XXI века...» [7, с. 75]. Уже сегодня в оборот социальных исследований введены такие понятия «новой социальной оптики», сформулированные Кастельсом, как «информационно-технологическая революция», «сетевое общество», «новая модель социальности», «сетевая социология», «сеть», «глобальная информационная экономика», «сетевая коммуникация», «сообщение», «поток сообщений», «сетевое предприятие», «сетевые работники», «сетевой коммуникативный индивид», «социальное сетевое пространство и время», «пространство потоков», «вневременное время», «культура реальной виртуальности» и др.

Конвергентная методология, связанная с понятиями органопроекции, прямого и обратного конструирования, «выявления знаний из вещей» позволяет глубже понять ризоматичный характер когнитивных, информационных, социальных и языковых сетевых структур. Немалый вклад в анализ ризоматичности различных сетевых структур внесли представители постмодернизма [8], особенно введенное ими в научный оборот понятие ризомы, методологическое значение которого состоит в том, что «в современной философской литературе не имеется альтернативного понятия, которое могло бы так четко передать сущность сетевых технологий...» [3, с.1].

Так, с точки зрения Ж. Делёза и Ф. Гваттари, семиотические звенья любой природы связаны с «самыми разными способами кодировки, биологическими, политическими, экономическими звеньями и т.д., пуская в ход не только регистры различных знаков, но также и статусы положений вещей» [2, с.3]. Соответственно, общественные устройства «функционируют напрямую в машинных устройствах, и невозможно установить радикальный разрыв между регистрами знаков и их объектами» [там же]. Такие основные принципы организации ризоматичных сетевых структур, выявленные представителями по-



стмодернизма, как сцепление и гетерогенность; множественность; незначающий разрыв; картография и декалькомания дают основания для новых, более углубленных исследований в понимании работы мозга как сетевой структуры; моделирования когнитивных познавательных способностей человека в информационных технологиях, искусственном интеллекте; их экстраполяции на анализ социальной сетевой структуры и языка как интерфейса их взаимосвязи, когнитивно-информационно-социальной конвергенции.

Таким образом, анализ актуальных проблем философии языка в контексте аналитической философии, информационных технологий, сетевого общества, конвергентных технологий на основе выявленного контекстуального, игрового характера естественного языка в философии Витгенштейна; моделирования его многозначности в теории фреймов Минского; ризоматичности многообразных сетевых структур в философии постмодернизма; и языка как интерфейса когнитивно-информационной и социальной конвергенции позволяет осуществить категориальную трансформацию понятий классической социальной теории, начало которой было заложено в работах Кастельса, и определить «новую оптику» языка социальных наук.

### Литература

1. Витгенштейн, Л. Логико-философский трактат. Пер. с нем. - М.: Иностр. литер., 1958. - 133 с.
2. Делёз, Ж., Гваттари, Ф. Ризомы // Капитализм и шизофрения (<http://tfr1.narod.ru/rizoma.htm>).
3. Емелин, В. А. Ризомы и Интернет (<http://emeline.narod.ru/rhizome.htm>).
4. Кастельс, М. Информационная эпоха: экономика, общество и культура: Пер. с англ. под науч. ред. О.И. Шкаратана. - М.: ГУ ВШЭ, 2000. - 608 с.
5. Минский, М. Фреймы для представления знаний / Пер. с англ. - М.: Энергия, 1979. - 152с.
6. Михайлов, И.Ф. К гиперсетевой теории сознания // Вопросы философии. - 2015. - № 11. - С. 87-98.
7. Назарчук, А.В. Сетевое общество и его философское осмысление // Вопросы философии. - 2008. - № 7. - С. 61-75.
8. Оботурова Г.Н. Вклад постмодернизма в выявление ризоматичности сетевых систем // Человек в технической среде: сборник научных статей. - Выпуск 2 / Мин-во обр. и науки РФ, Вологод. гос. ун-т; под. ред. Н.А. Ястреб. - Вологда: ВоГУ, 2015. - С. 102 -106.
9. Шенцева, Е.А. Сетевой подход в контексте философского дискурса // Вопросы философии. - 2012. - № 8. - С. 42-49.
10. Юлина, Н.С. Аналитическая философия // Современная западная философия: Словарь. 2-е изд., перераб. и доп. - М.: ТОН – Остожье, 2000. - С. 18-23.
11. Ястреб, Н.А. Конвергентные технологии: философско-эпистемологический анализ: монография. - Вологда: ВоГУ, 2014. -250 с.





12. Ястреб, Н.А. Человек в эпоху четвертой промышленной революции: монография / Н.А. Ястреб, О.Ю. Никифоров: М-во образ. и науки РФ, Вологод. гос. ун-т. - Вологда: ВоГУ, 2015. - 230 с.

М.О. Самуилова

## ТЕХНИЧЕСКИЙ ОБЪЕКТ В ИСТОРИЧЕСКОМ ПОЗНАНИИ<sup>27</sup>

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Историческое познание мира многогранно. Особую нишу в этом процессе занимает изучение проблемы генезиса и последующего развития науки и техники, их отраслей и подотраслей в связи с потребностями общества, а также анализ исторических условий, внешних и внутренних факторов, закономерностей этих процессов. Важной частью познания является изучение взаимодействия истории науки и техники с другими отраслями науки, включая гражданскую историю, историю философии, науковедения и т.п.

Технический объект – это составляющая часть культурного достояния страны, народа, человечества. Техника относится к искусственно создаваемым объектам, которые человек вовлекает в различные сферы жизнедеятельности и использует для удовлетворения своих потребностей. Развитие техники обуславливается деятельностью человека.

Познать – значит прямо или косвенно, но как-то соотносить изучаемое явление с человеческой деятельностью, воспроизводимой, в конечном итоге, в рамках определенных социальных эстафет. Поэтому при изучении различных этапов исторического развития историк-исследователь часто обращает внимание на состояние технического развития производства и общества.

В древности техника, техническое знание и техническое действие были тесно связаны с практикой подражания природе. Прогресс техники: от простейших орудий до компьютерной техники, о чем свидетельствуют исследования по истории науки и техники, был сначала постепенный, а потом лавинообразный.

Историки техники изучают в основном материальное производство. Обычно выделяют четыре главные сферы материального производства: добывающую промышленность, земледелие, обрабатывающую промышленность и транспорт.

Совокупность различных отраслей техники на определенном этапе исторического развития принято называть укладом техники. Технический уклад конкретного исторического периода определяется и ограничивается, прежде

<sup>27</sup> Статья выполнена при поддержке Совета по грантам Президента Российской Федерации, проект МД-6200.2016.6 "Семиотические основания техники и технического сознания".



всего, той ступенью исторического развития, к которой он относится. Эти ступени соответствуют трем основным ступеням производства – ремесленной, мануфактурной и машинной. Правильная оценка роли и места техники на каждом этапе исторического развития человечества предполагает сравнительный и объективный анализ. Это помогает создать историческую модель изучаемого исторического объекта, быта и особенности жизни и деятельности людей.

Технические, производственные потребности человека во все времена являлись двигателями научного прогресса. Изучение истории развития техники дает возможность проследить закономерности технического развития, а также выявить, как в процессе совершенствования производства человек научился познавать законы природы и овладевать ими, открывать новые стороны и свойства предметов, устанавливать связь между техникой, наукой и другими областями человеческой деятельности.

Опыт прошлого в области техники нельзя сбрасывать в «корзину» истории. Его нужно максимально использовать, заставлять работать на будущее. Исследуя развитие любого механизма или машины в исторической и хронологической последовательности, можно не только установить определенные закономерности и тенденцию развития, но и натолкнуться на техническую идею, которая оставалась ранее нереализованной из-за несовершенства техники, отсутствия необходимых материалов, невостребованности на этом уровне развития общества.

Без должного внимания к историческим аспектам развития техники невозможно понять и особенности каждого периода развития истории человечества.

Техническая деятельность человека не является изолированной, так как при разработке любых объектов техники исследователю необходимо учитывать целый ряд не только технических, но и экономических, экологических, эстетических и иных социальных требований, определяемых той областью материального производства, где техника создается, и той сферой общественной жизни, где она используется.

Например, археологи и историки, изучая эпоху неолита, нашли целый ассортимент каменных материалов, которые позволили представить и воссоздать образ жизни человека в тот период. Так, важнейшим изобретением неолита, относящимся к области механики, было изобретение коленчатого рычага, который был позднее положен в основу важнейших механизмов многих современных машин. Развитие транспорта тоже исходит из эпохи неолита. Шесть тысяч лет назад шумерами было изобретено колесо и т.д.

Самые древние золотые вещи, найденные археологами в Египте, были изготовлены более восьми тысяч лет назад. Изучение эпохи античности связано с освоением металлургии, ткацкого станка, боевых колесниц, наступлением эпохи «железного века», изобретением металлического плуга и т.д. Этот перечень можно бесконечно увеличивать.

С развитием технического производства, с появлением печатного станка технические знания стали воплощаться не только через техническую деятель-



ность, но и в статьях, книгах, учебниках. Изучение письменных источников, содержащих сведения о технических открытиях, изобретателях каждого исторического этапа, также позволяет расширить исторические знания о техническом уровне стран и народов.

В современных условиях мы все больше приобщаемся к технической цивилизации и к техническим устройствам. Без налаженного механизма продуцирования, накопления и передачи знаний никакое техническое развитие в нашем современном обществе было бы невозможно. Приобщение к технической цивилизации передается обучением, передачей технических знаний, то есть историческим познанием техники.

На рубеже XIX – XX вв. П.К. Энгельмейер подчеркивал: «Своими способностями она (техника) усилила наш слух, зрение, силу и ловкость... сокращает расстояние и время... и сама служит той силой, которая неудержимо гонит вперед колесо прогресса... [3, 293].

Техника постоянно открывает перед человеком новый мир. В настоящее время наука и техника, выполняющие функцию средства человеческой деятельности, интегрируют в себе основные сферы этой деятельности человека: материальную, духовную, художественную и научную. Будущее прорастает из прошлого. Для того чтобы понять особенности современной техники, ее достижения и перспективы, нужно изучить ее историю, узнать о важнейших технико-исторических событиях, поворотных моментах технической деятельности людей.

#### Литература

1. История науки и техники [Текст]: курс лекций/ под ред. В.В. Запария. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005.
2. Дятчин, Н.И. История развития техники [Текст]: учеб. пособие/ Н.И. Дятчин. – Ростов н/Д: Феникс, 2001. – 320 с.
3. Степин, В.С. Философия науки и техники [Текст]: учеб. пособие/ В.С. Степин, В.Т. Горохов, М.А. Розов. – М.: Контакт-Альфа, 1995. – 372с.

И.К. Стычков

#### ПОЛИТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЩЕСТВА

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

По мнению Ф. Уэбстера, пожалуй, самое содержательное определение информационного общества исходит «... не из того, что в наше время стало больше информации (это и так очевидно), а из того, что характер этой информации изменил образ нашей жизни. Эта дефиниция предполагает, что в основе нашего поведения сегодня лежит теоретическое знание (информация)» [3;14].

Если повнимательнее присмотреться к сфере политики, то можно видеть, что и здесь новое значение информации лежит в основе многих политических



решений. Наиболее полно это проявилось в виде разработки теории политической системы, представившей ее как политическую организацию современного демократического общества. Благодаря исследованиям К. Дойча, Д. Истона, Г. Алмонда и других политическая система стала рассматриваться как особая форма информационно-коммуникационных обменов между институтами государства и гражданского общества, между управляющими и управляемыми, внутри структур власти, внутри общества. А использование новых информационных технологий цифрового хранения и передачи информации качественно изменило информационное поле, сделало информационно-коммуникативные обмены сообщениями максимально интенсивными, интерактивными и простыми в осуществлении.

Качественное изменение информационного поля связано с реализацией возможностей способствовать повышению информационной открытости органов государственной власти, повышению участия граждан в политике, осуществлению децентрализации власти и приближению ее к гражданам. Такие изменения следует признать важным источником и результатом политического развития, имеющего целью преодолеть отчуждение человека от власти.

Не столь однозначно можно оценить значение глобального информационного пространства, формируемого цифровыми информационными технологиями. С одной стороны, оно способствует общемировой интеграции. С другой – монопольное положение западных компаний на мировом информационном рынке создает для них возможность навязывать другим странам свои ценности, интересы посредством информационных кампаний, информационных войн. Противоречия между национальными информационными структурами, стремящимися продвигать свои национальные информпродукты, и глобальными информационными компаниями сохраняются, несмотря на попытки их ослабить, в том числе и с помощью ООН. Ситуация, сложившаяся в глобальном информационном пространстве, является отражением противоречивых геополитических интересов.

Совсем уж негативно следует оценить существование информационного терроризма. Отличительная черта информационного терроризма связана с расчетом на информационные последствия насильственных акций.

Ярче всего информационный терроризм представлен в деятельности отдельных организаций. Именно здесь нашли свое классическое воплощение характерные для террористов приемы поведения в информационном пространстве. Первоначально организуется общественный резонанс – после совершения террористического акта делается все, чтобы усилить его общественное звучание: в ход идут заявления для прессы, распространение видеокассет, интервью и т. д. На втором этапе реализуется стремление установить контакты с широкой социальной аудиторией, от которой террористы пытаются добиться нужного им изменения позиций или даже соответствующих поведенческих действий. При этом самое распространенное средство оказания нужного влияния на аудиторию – нагнетание страха.

Современные информационные возможности терроризма создали базу



для превращения его в одно из наиболее опасных проявлений высокотехнологичного терроризма, названного «кибертерроризмом». Исследователи определяют кибертерроризм как сознательное злоупотребление цифровыми информационными системами, сетями или компонентами этих систем или сетей в целях, которые способствуют осуществлению террористических операций или актов.

По мнению Е. Роговского, можно выделить два вида кибертерроризма:

- непосредственное совершение террористических действий с помощью компьютеров и компьютерных сетей, например, перехват управления военным или инфраструктурным объектом в целях нарушения общественной безопасности или экономической деятельности, устрашения населения либо оказания воздействия на принятие решений органами власти путем угрозы осуществления аварии (катастрофы);
- использование киберпространства террористическими группами в организационно-коммуникационных целях (сбор информации, необходимой для планирования терактов, сбор денег, распространение агитационно-пропагандистской информации о террористических движениях, информационно-психологическое воздействие на население с целью шантажа, создания паники, распространения дезинформации и тревожных слухов, размещение в открытом доступе и рассылка открытых и зашифрованных инструкций, сообщений о времени встреч заинтересованных людей и проч.).

Существенно изменился образ и стиль деятельности профессионального террориста. Современный террорист способен действовать не только взрывчаткой, но и вести сетевую войну, его мотивы менее идеологизированы (ставка делается на «любителей»).

Новые методы деятельности террористов, усиление их ресурсного потенциала требуют от мирового сообщества адекватных методов контртеррористической борьбы.

И самое, пожалуй, негативное следствие – возможность использования достижений информационных технологий в целях манипуляции общественным сознанием с помощью цифрового моделирования виртуальных политических образов и событий. Практически невозможно отделить действительно происходящее от сфабрикованного. В результате у людей формируется скептическое отношение к политической информации в целом. Более того, многообразие и перенасыщенность информационного потока стирает грани между политическим информированием и развлечением, формирует культуру индивидуального (неидеологизированного) восприятия информации. Следствием этого является снижение заинтересованности граждан в использовании представительных структур (политических партий, групп интересов) во взаимоотношениях с властью.

Для минимизирования негативных следствий современной информационной среды важное значение имеют два мероприятия:

1. Формирование государственной информационной политики. Она необходима для осуществления процесса политической социализации личности в



соответствии с национальной идеологией, а также для создания условий получения гражданами информации, удовлетворяющей их базовые интересы и потребности.

2. Формирование механизма демократического общественного контроля над медиаструктурами. Контроль не должен иметь ничего общего с цензурой.

### Литература

1. Роговский, Е.А. Кибер-Вашингтон: глобальные амбиции /Е.А. Роговский. - М.: Международные отношения, 2014. – 848 с.
2. Политические коммуникации /под ред. А.И. Соловьева. - М.: Аспект Пресс, 2004. – 332 с.
3. Уэбстер, Фрэнк. Теории информационного общества /Фрэнк Уэбстер. - М.: Аспект Пресс, 2004. – 400 с.
4. Почепцов, Г.Г. Информационно-политические технологии /Г.Г. Почепцов. - М.: Центр, 2003. – 384 с.
5. Реутов, Е.В., Тришина, Т.В. Интернет-практики и информационные предпочтения населения. /Е.В. Реутов, Т.В. Тришина //Социс. - 2015. - №4 - с. 140-148.
6. Горбунов, К.В., Федорова Е.Е. Информационное воздействие в современной политике. /К.В. Горбунов, Е.Е. Федорова //Социально-гуманитарные знания. - 2014. - №2. - с. 316-322.
7. Кулик, А.Н. Эволюция модели государственного управления в эпоху интерактивного Интернета /А.Н. Кулик //Политическая наука. - 2013. - №1. - с. 12-27.

Г.А. Трафимова

### РОЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИИ СОЦИАЛЬНЫХ ИНСТИТУТОВ СОВРЕМЕННОГО ОБЩЕСТВА

(Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королёва)

Развитие современного общества тесно связано с развитием информационных технологий, увеличивающих возможности людей в областях коммуникации, проектирования, моделирования и организации различных процессов. Экономические, политические, социальные и социально-культурные изменения под воздействием совершенствующихся информационных технологий становятся все более многочисленными.

Стремительные перемены в обществе, которое все чаще называют «информационным», заметнее всего на примере социальных институтов, в которых изменяется характер всех типов социальных отношений. Новый уровень взаимодействия людей с информацией предполагает и новый уровень необходимых для жизни в современную эпоху знаний и умений. По оценкам специалистов,



«цифровая Вселенная» сильно увеличивается в своем объеме: если в последней четверти прошлого века шло удвоение каждые 7 лет, то к 2010 г. ожидалось, что удвоение будет происходить каждые 11 часов [1]. Как следствие, общество нуждается в серьезных трансформациях социальных институтов и, прежде всего, института образования. Необходимость такой трансформации обсуждается на различных уровнях. Так, на Давосском Экономическом Форуме в январе 2016 г. обсуждался вопрос о том, что рост интеллектуальных технологий может привести к массовым потерям рабочих мест среди низкоквалифицированных работников. Эксперты признали необходимость внедрения на уровне государств современного формата обучения людей с учетом тенденций развития новых технологий и формируемых под их влиянием новых личных и социальных потребностей. Не случайно растет интерес к дистанционным формам обучения как в школьном, так и в вузовском образовании [2].

Одним из ярких примеров масштабного институционального преобразования общества является реализация концепции «электронного правительства» (E-Government). «Электронным правительством» принято называть интернет-технологии, обеспечивающие информационное взаимодействие органов власти с населением и институтами общества. В управленческой и научной литературе «электронное правительство» рассматривается как единое социально ответственное и информационно открытое, с постоянной обратной связью, учреждение (институт) [3, с.73]. Аналогично употребляются понятия «электронный бизнес» («E-Business»), «электронный гражданин» («E-Citizen»), «электронные муниципалитеты», «электронное голосование».

Наиболее очевидными преимуществами «электронного правительства» являются упрощение бюрократических процедур, значительное сокращение срока оформления документов, обеспечение легко верифицируемой, строгой налоговой подотчетности юридических и физических лиц посредством введения унифицированной системы электронного учета, увеличение объема бюджетных поступлений, сокращение масштабов коррупции и, соответственно, рост доверия граждан к институтам власти [3, с.74].

К началу XXI в. наиболее развитыми технологиями «электронного правительства» отличались США, Австралия, Новая Зеландия, Сингапур, Норвегия, Великобритания, Канада, Нидерланды, Дания и Германия. В этих странах в рамках деятельности «электронного правительства» не только доступны многие виды государственных услуг (так, в Сингапуре можно получить более 2 тыс. таких услуг), но и очевиден социально-экономический эффект (например, сокращение государственного аппарата).

Тенденция развития систем электронного правительства в большинстве стран – стремление к формированию «цифровой демократии» (digital democracy) как возможности прямого участия граждан в решении вопросов различного уровня путем online голосования. В настоящее время внедрение электронных систем голосования реализуется в целом ряде стран. Так, широко известен пример референдумов в Швейцарии, где используются одноразовые карточки для электронного голосования. Удачным признан опыт Бразилии, по-



степенно внедрявшей электронную систему голосования в течение 1996-2002 гг. Однако не во всех случаях электронные системы голосования оправдывают возлагавшиеся на них надежды. Так, в США в 2006 г. 66 млн. избирателей могли воспользоваться системами электронного голосования, но сделали это только 15% из них [6]. Это говорит о проблемах в использовании возможностей интерактивной политической коммуникации. Кроме того, реализация концепции «электронного правительства» предполагает решение задачи создания единых стандартов для государственных информационных систем: стандартов данных, стандартов межведомственного обмена информацией, стандартов безопасности и т.д. На этом пути усилия большинства государств сильно различаются.

В этом плане интересным является опыт Эстонии. Помимо повсеместного внедрения электронной карты (ID-карты) в качестве способа идентификации личности, Эстония пошла по пути присвоения электронного гражданства. С декабря 2014 г. любому желающему предоставлена возможность приобрести статус «электронного резидента», который предусматривает не реальное, а виртуальное присутствие на территории страны. Наличие статуса «электронного резидента» дает целый ряд выгодных преимуществ, особенно при ведении бизнеса. Посредством использования электронной подписи обладатели ID-карты электронного резидента получают доступ к удобной системе предоставления государственных услуг и банковского обслуживания. При этом на «э-резидента» не налагаются какие-либо дополнительные налоговые обязательства. Облегченные условия ведения бизнеса для «э-резидента» предполагают минимизацию времени для регистрации компаний, что будет способствовать росту числа новых компаний, созданию новых рабочих мест и другим экономическим эффектам. В планах Эстонии – привлечь 10 млн. виртуальных резидентов к 2025 г., получив при этом до 500 млн. евро только за счет уплаты государственной пошлины при подаче заявления на приобретение статуса «э-резидента» [4]. Кроме экономических, проект предусматривает и такие цели, как рост численности населения, компенсирующий миграционный отток из страны.

На наш взгляд, все эти примеры показывают глобальный масштаб происходящих изменений. Тем не менее, о полной замене государственного аппарата на «электронное правительство» речи не идет, во всяком случае, в обозримом будущем. Доступ к Интернету даже в высокоразвитых странах имеют не более 80% населения, поэтому цифровое неравенство, являющееся видом социального неравенства, является барьером на пути развития «электронного правительства» и других персонально ориентированных информационных технологий. Проведенное в Великобритании исследование отношения населения к «электронному правительству» показало, что наиболее благоприятно к этой идее относятся более богатые и занимающие высокие статусные позиции индивиды и социальные группы, в свою очередь, низкостатусные группы проявляют гораздо меньший интерес к «электронно-государственным услугам» [3].

Важнейшим аспектом развития информационных технологий в целом является доверие к связанным с этими технологиями институтам. Случаи утечки



информации различного характера даже из защищенных баз данных ставят на первый план проблему сохранности конфиденциальной и личной информации в правительственных базах. В этом плане не удивительны дискуссии, которые велись по поводу внедрения единого электронного удостоверения личности в США в 1990-е гг. Тотальный социальный контроль многими воспринимается как угроза правам человека. Вместе с тем миграционный кризис в Европе в 2014-15 гг. показал необходимость более тщательного миграционного контроля, в частности, с использованием электронизации документооборота.

Еще одной значимой проблемой является недостаточный уровень «цифровой культуры» всех социальных субъектов. С одной стороны, стать подлинно «электронным гражданином», а не пользователем отдельных услуг, очень не просто. С другой стороны, периодически возникающие ситуации с обнародованием персональных данных миллионов людей свидетельствует о доступности такой информации, что означает неготовность отдельных людей и социальных структур к жизни в «цифровом обществе», требующем соблюдения правил кибербезопасности. Так, если при использовании общественной сети Wi-Fi для передачи конфиденциальной информации ответственность за кражу данных принято возлагать на самих беспечных пользователей, то при хакерских атаках применительно к крупным организациям (банкам, СМИ, госструктурам и т.д.) очевидны организационные недоработки в системе информационной безопасности этих структур. При этом сама возможность нанесения вреда информационной, технологической, политической и экономической безопасности с помощью информационных технологий даже применительно к государствам ни у кого не вызывает сомнений.

Таким образом, при анализе тенденций развития современных информационных технологий и их применения в различных сферах жизни общества необходимо учитывать то, как получаемые результаты отражаются на жизни конкретных людей и социальных групп, а также на социальных, экономических или политических изменениях в системе государственного управления. Целый ряд факторов социального, политического, психологического, финансового и организационного характера затрудняют широкое внедрение тех или иных информационных технологий, идет ли речь о переводе на «цифровую» основу образования или использовании возможностей интерактивной экономической и политической коммуникации. Очевидно, что необходима выработка комплексных междисциплинарных решений с учетом всех технологических, экономических, политических и социальных условий, сложившихся к настоящему времени как на локальном, так и на глобальном уровне.

### Литература

1. Богданова, Д. Образовательные парадигмы в цифровую эпоху // Problem of Computer Intellectualization. V.M Glushkov Institute of Cybernetics of National Academy of Sciences of Ukraine. 2012. Kiev, Ukraine – Sofia, Bulgaria. [Электронный документ]. Режим доступа - [http://foibg.com/ibs\\_isc/ibs-28/ibs-28.htm](http://foibg.com/ibs_isc/ibs-28/ibs-28.htm) - Дата вхождения 10.03.2016.



2. Ирхин, Ю.В. «Электронное правительство» и общество: мировые реалии и Россия (сравнительный анализ) [Текст] / Ю.В.Ирхин // Социологические исследования. – 2006. – № - С.73-82.

3. Навальный С.В. Электронное голосование: опыт зарубежных стран и перспективы применения в Российской Федерации // Особенности муниципальных выборов в Российской Федерации: опыт, тенденции, перспективы. [Электронный документ]. Режим доступа - <http://izbircom.admkrsk.ru/PublishingImages/библиотека/конф-2010.pdf>. - Дата вхождения 10.03.2016.

4. Михеев А., Богучарский А. Зачем Эстонии «электронные резиденты»? // [Электронный документ]. Режим доступа - <http://old.mgimo.ru/news/experts/document267797.shtml> - Дата вхождения 10.03.2016.

Н.А. Ястреб

### ВЫСОКИЕ ГУМАНИТАРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРУКТУРЕ СОВРЕМЕННОГО ТЕХНИЧЕСКОГО СОЗНАНИЯ<sup>28</sup>

(Вологодский государственный университет)

Одной из наиболее заметных тенденций в переосмыслении концептуальных оснований конвергентных технологий стало введение в их состав социальных технологий, с которыми связываются важнейшие изменения в понимании как сути самих технологических знаний, так их преобразующего общества потенциала. Социальные технологии состоят в использовании знаний о человеке и обществе для осуществления воздействия на социум и процессы, происходящие в нем. Гуманитарные технологии, в свою очередь, фокусируются на человеке, изменении его поведения, когнитивных или иных личностных особенностей, ценностей, интеллекта, жизненных приоритетов, т.е это «производство новых способов деятельности» [5, с. 63]. Если основным ресурсом традиционных технологий является материя в той или иной форме, то главным ресурсом гуманитарных технологий являются человек и знание [1].

В к. XX в. появляется термин «высокие гуманитарные технологии» (hi-hume), предметом которых является «преобразование биосоциальной природы человека, т.е. трансформация его генетического, когнитивно-логического и социокультурного кодов» [6, с. 283].

Высокие гуманитарные технологии направлены на осознанное проектирование человека и общества, это «методики, позволяющие эффективно и целенаправленно воздействовать на "общественное сознание" и тем самым на общественные процессы» [4], или «воздействие и формирование живого чело-

<sup>28</sup> Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации, проект № МД-6200.2016.6 "Семиотические основания техники и технического сознания"



веческого сознания». Российский экономист М.Г. Делягин подчеркивает, что высокие гуманитарные технологии отличает именно проективный характер воздействия на человека и приводит в пример PR (public relations), суть которого состоит в формировании в обществе благоприятного восприятия какого-либо объекта. Если реклама и маркетинг, отмечает он, приспособливают товар к вашим потребностям, то «PR приспособливает вас к уже имеющемуся товару» [2].

Конец XX в. демонстрирует парадигмальный сдвиг в понимании целей научного и технического познания, который можно назвать антропологическим поворотом. Научно-техническое развитие европейской цивилизации и сама идея прогресса традиционно основывалась на идее преобразования природы и ее подчинения потребностям человека. Среди причин изменения этой идеи, безусловно, нужно отметить негативные экологические последствия и биосферные трансформации, вызванные появлением у человека средств, инструментов и возможностей кардинально менять сложившийся в природе порядок. Примерами могут служить активная добыча полезных ископаемых, строительство масштабной инфраструктуры, меняющей традиционные ареалы обитания животных и растений, вырубка лесов и т.д. Однако не менее важны и мировоззренческие изменения и структурные трансформации самой науки. На первый план выходят исследования, непосредственно связанные с человеком, и технологии, которые могут обеспечить интеллектуальное и физическое здоровье, комфорт, безопасность, обучение и развлечения. Нарастание проявлений общества потребления в виде экономических кризисов, экологических и социальных проблем привело к необходимости переосмысления потребностей самого человека, переоценки его планетарных амбиций. В итоге современность можно рассматривать как «некий закономерный этап в развитии человечества, когда его воздействие на биосферу достигло некоторого предела, и стало легче изменять самих себя, чем изменять биосферу» [2].

Высокие гуманитарные технологии в таких условиях становятся даже более значимыми, чем традиционные ресурсы, например, деньги. Обладание технологиями, способными формировать потребности и требуемые социальные процессы или формы поведения, становится важнейшим фактором конкурентоспособности производителей товаров и услуг, политического влияния, экономической успешности.

В настоящее время можно выделить ряд сложившихся направлений развития высоких гуманитарных технологий, к которым относят технологии управления сознанием, PR, образовательные технологии, когнитивные технологии, «фабрики мысли», биотехнологии, неротехнологии, геронтологию и разработку технологий продления индивидуальной человеческой жизни, генные технологии, человеко-машинные интерфейсы и многие другие.

Очевидно, что потенциал социальных преобразований, отличающий высокие гуманитарные технологии, одновременно означает широкие возможности для манипуляций сознанием индивида, социальных групп и общества в целом. Иногда hi-hume понимаются буквально как технологии манипуляции человеком: «подчеркнем, что в нашем понимании Hi-Hume речь идет не об «челове-



чивании» техники и технологий, а о технологиях, которые предназначены для целенаправленного изменения человеческого сознания, как индивидуального, так и массового... мощь этих технологий насколько велика, что они способны разрушать механизмы саморегуляции человека и социума» [3, с. 30].

В то же время, нельзя не отметить, что высокие гуманитарные технологии имеют значительный потенциал для развития человека, его когнитивных способностей, социальных и личностных качеств, для воспитания нравственных и ценностных ориентаций, что ставит проблему их социально-гуманитарной экспертизы, а также совершенно новые задачи перед современным образованием, в том числе технологическим, поскольку любая деятельность погружена в стремительно меняющееся социальное взаимодействие, что нужно прогнозировать и учитывать.

### Литература

1. Барышников П.Н. Философия IT, high-hume и... мифология / П.Н. Барышников // Философские проблемы информационных технологий и киберпространства. – 2012. – № 3.
2. Делягин М.Г. Глобализация: влияние нового уровня открытости на международную конкуренцию и общественные отношения. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.pseudology.org/information/HighHume.htm> (дата обращения 11.10.2015).
3. Практика глобализации: игры и правила новой эпохи / Под редакцией директора ИПРОГ-а, д. э. н. М. Г. Делягина. – Москва: ИНФРА-М, 2000. – 342 с.
4. Узлов Н.Д. Настоящее и будущее гуманитарных технологий / Н.Д. Узлов // Вестник Пермского университета. Серия Философия. Психология. Социология. – 2011. – № 4. – С. 62-70.
5. Чешко В.Ф., Глазко В.И. High Hume (биовласть и биополитика в обществе риска). Учебное пособие. М., 2009. – 319 с.





Свою деятельность группа компаний «Интеллектуальные транспортные системы» («ИНТЕЛТРАНС») ведет с июля 2000 года. Изначально основу коллектива составляют ученые и студенты Самарского государственного аэрокосмического университета. На сегодняшний день ИНТЕЛТРАНС располагает широкой вычислительной, информационной и нормативной базой. Коллектив ГК «ИНТЕЛТРАНС» насчитывает более 50 высококвалифицированных специалистов в области геоинформационных систем и картографии, проектировщиков, изыскателей и программистов. В их распоряжении – необходимые технические, высокотехнологические и материальные средства для выполнения полного объема проектно-изыскательских работ на высоком профессиональном уровне. Уровень профессиональной подготовки кадров подтверждается наличием лицензии на ведение проектной и картографической деятельности.

Главной разработкой ИНТЕЛТРАНС является интеллектуальная транспортная геоинформационная система ITSGIS, внедренная и используемая более чем в 20 городах России. Внедрение интеллектуальной транспортной системы ITSGIS, разработанной на основе геоинформационных технологий и принципов сетцентрического управления, значительно снижает трудоемкость управления объектами транспортной инфраструктуры, дорожным движением, логистикой, позволяет повысить качество предоставления государственных услуг и поднять на новый уровень социально значимые сферы городской инфраструктуры.

ITSGIS – многоуровневая, сложноорганизованная система, представляющая собой комплексное средство управления транспортной инфраструктурой города, построенная на геоинформационных моделях улично-дорожной сети, технических средств организации дорожного движения и транспортных потоков. Сбор, хранение и интеллектуальный анализ данных, мониторинг состояния объектов транспортной инфраструктуры выполняется в среде ITSGIS, что позволяет поддерживать в актуальном состоянии основной интегрирующий компонент – геоинформационную модель города.

ITSGIS – это программно-аппаратный комплекс, имеющий в качестве аппаратных средств – передвижную лабораторию с 6 видеокамерами и GPS-/ГЛОНАСС-навигатором, в качестве программной составляющей – модули (плагины) ITSGIS: WayMark и ITS-Planet. Плагин WayMark позволяет создавать геовидеомаршруты на основе видеосъемки, GPS-трека и маршрута, построенного с помощью плагина ITS-Planet. Геовидеомаршрут отображается с привязкой к координатам Земли на электронной карте в среде ITSGIS. Благодаря камерам, направленным в разные стороны, обеспечивается построение 3D-панорамы города, представленного на геовидеомаршруте. На основе от-



снятого видеofilьма и GPS-трека осуществляется дислокация с геопривязкой дорожных знаков, светофоров, ограждений, световых опор, видеокамер и других объектов транспортной инфраструктуры.

Система ITSGIS внедрена и используется в городах: Саранск, Сургут, Трехгорный; городах Самарской области: Самара, Жигулевск, Октябрьск, Тольятти, Чапаевск и др.; городах Оренбургской области: Соль-Илецк, Акбулак и др.; городах Ульяновской области.

Программные модули ITSGIS зарегистрированы в Федеральной службе по интеллектуальной собственности, ИНТЕЛТРАНС имеет более 30 Свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ.

Генеральный директор группы компаний «ИНТЕЛТРАНС», доктор технических наук, профессор кафедры информационных систем и технологий и кафедры организации и управления перевозками на транспорте Самарского государственного аэрокосмического университета, академик Академии Телекоммуникаций и Информатики, Российской Академии Естествознания, Международной академии навигации и управления движением Михеева Татьяна Ивановна награждена почетным знаком «Заслуженный деятель науки и образования». Михеева Т.И. имеет свою научную школу, среди ее учеников – кандидаты технических наук, докторанты, аспиранты, магистранты, студенты – лауреаты международных и российских конкурсов научных работ – сотрудники ИНТЕЛТРАНС.

Интелтранс имеет совместные учебные лаборатории с Самарским государственным аэрокосмическим университетом, Самарским государственным техническим университетом, Казахстанским институтом информационных технологий и управления, проводит для студентов научные семинары и учебные курсы, организует стажировки в компании, выступает спонсором олимпиад, организатором ежегодного международного конкурса научных работ и научно-технической конференции «IT&Транспорт».

Деятельность группы компаний «ИНТЕЛТРАНС» направлена на:

- создание новых интеллектуальных информационных технологий на транспорте;
- предоставление услуг в области организации и безопасности дорожного движения;
- выпуск конкурентоспособной продукции;
- удовлетворение потребности заказчиков в высококачественной проектной документации;
- обеспечение достойного уровня жизни сотрудников.



## СОДЕРЖАНИЕ

### Автоматизированные системы научных исследований

|                                                                                                                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Dong Z., Zabolotnov Y.M., Wang C.Q. Control of space tether system deployment with atmospheric probe .....                                                                         | 3  |
| Nikolaenko A.Y., Stokov A.I., L'vov P.A., Moiseykina E.A. RFID based sorting and stacking system for assembly lines .....                                                          | 7  |
| Nikolaenko A.Y., Bardasov A.A. RFID sensor network for object tracking system .....                                                                                                | 13 |
| Semezhev N., Solopekina A.A., Sokolov D.N. Calibration algorithms for software defined radio applications .....                                                                    | 17 |
| Semezhev N., Bulykin D.A. Diode power detectors in software defined radio applications .....                                                                                       | 23 |
| Solopekina A.A., Semezhev N., Umnova E.G. Principles of measurement uncertainty .....                                                                                              | 29 |
| Solopekina A.A., Kuzin S.A., Kononov R.S. Uncertainty analysis of strain gage circuits .....                                                                                       | 33 |
| Акимов А.Е., Трешников А.А., Зеленко Л.С. Применение информационных технологий при разработке подсистемы отображения технологической информации о состоянии оборудования ГЭС ..... | 39 |
| Бестужева А.П., Лёзин И.А. Аппроксимация функций Вейвлет-преобразованиями .....                                                                                                    | 43 |
| Бирюкова Е.В., Парингер Р.А., Куприянов А.В. Исследование эффективности признаков для различения изображений текстур .....                                                         | 45 |
| Борисова О.А., Камальдинова З.Ф., Пиявский С.А., Смирнов С.В. Информационная система поддержки модуля «Логика и перспективы развития науки, техники и технологий» .....            | 49 |
| Верхотуров М.А., Верхотурова Г.Н., Ягудин Р.Р. Оптимизация размещения невыпуклых многогранников на основе динамической схемы определения NFP .....                                 | 52 |
| Верхотурова О.М., Верхотуров М.А. Об одном решении задачи идентификации границ слабоструктурированных естественных объектов .....                                                  | 56 |
| Вилоп Л.Э. Повышение конкурентоспособности выпускников технического вуза .....                                                                                                     | 60 |
| Волков И.И., Золин А.Г. Использование метода конечных разностей в задачах восстановления сигналов с известной функцией искажения .....                                             | 62 |
| Голов А.С. Разработка автоматизированной системы управления проектами по автоматизации финансово-хозяйственной деятельности предприятий .....                                      | 67 |
| Заболотнов Ю.М., Сайгак К.О. Математическое моделирование движения электродинамической космической тросовой системы .....                                                          | 70 |



|                                                                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Засов В.А., Никоноров Е.Н., Ромкин М.В. Моделирование решения задачи разделения сигналов в условиях априорной неопределенности возмущений .....                                | 73  |
| Заико А.И. Измерение плотности вероятности случайного процесса с линейной корреляционной функцией. Экстраполяция .....                                                         | 77  |
| Заико А.И. Измерение плотности вероятности случайного процесса с линейной корреляционной функцией. Интерполяция .....                                                          | 81  |
| Заякин О.А., Белопухов В.Н., Треумов В.Д. Погрешность определения положения максимума оптоэлектронного отклика координатно-чувствительного прибора .....                       | 87  |
| Кауров А.В. Особенности разработки оборудования наблюдения в среднем и дальнем ИК диапазоне .....                                                                              | 91  |
| Конкина Е.О. Оценка структуры бумажного полотна методами гранулометрического анализа .....                                                                                     | 93  |
| Корячко Д.А. Распознавание облачных объектов на панхроматических изображениях с использованием процедуры обучения .....                                                        | 96  |
| Кравцова Н.С., Парингер Р.А., Куприянов А.В. Разработка технологии выявления информативных сегментов в спектральной области для классификации изображений кристаллограмм ..... | 104 |
| Кулакова Н.О., Козлов В.В. Информационно-аналитический модуль анализа результатов тестирования студентов .....                                                                 | 107 |
| Леонova И.В., Ляшева С.А. Применение нейронных сетей в прогнозировании характеристик быстропротекающих процессов .....                                                         | 111 |
| Лёзин И.А., Селянко Р.П. Автоматизированная система прогнозирования финансовых котировок радиально-базисной сетью .....                                                        | 115 |
| Лёзин И.А., Соловьев А.В. Сжатие изображений с использованием многослойного персептрона .....                                                                                  | 118 |
| Лёзина И.В., Дубинин Б.Н. Автоматизированная система «Семантическая капча» .....                                                                                               | 120 |
| Мавричев Д.О. Статистический анализ данных для оптимизации стратегий формирования исследовательских компетенций студентов .....                                                | 122 |
| Манухин А.В., Лёзин И.А. Автоматизированная система аппроксимации плотности вероятности семейством ядерных функций .....                                                       | 125 |
| Муравьев В.В., Лёзин И.А. Анализ эффективности алгоритмов обучения нечеткой нейронной сети Ванга-Менделя .....                                                                 | 128 |
| Никулина А.В., Трешников П.В., Зеленко Л.С. Разработка подсистемы автоматизированного тестирования учета наработки гидроагрегата на основе модели его работы .....             | 132 |
| Новиков А.О., Лёзин И.А. Система колоризации изображений с помощью нейронных сетей .....                                                                                       | 137 |
| Орлов С.П., Ахполова Е.А. Техническая диагностика радиоэлектронных блоков по тепловым полям элементов .....                                                                    | 139 |



|                                                                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Печенин В.А., Болотов М.А., Рузанов Н.В. Исследование погрешностей математического базирования при выполнении координатных измерений цилиндрических зубчатых колес ..... | 143 |
| Прохоров С.А., Столбова А.А., Бочаров Д.С. Разработка мобильного приложения для Вейвлет-анализа сигналов .....                                                           | 147 |
| Прохоров С.А., Сучкова С.А., Матыцин Е.В., Куликовских И.М. Система адаптивного обучения на основе коллаборативной фильтрации .....                                      | 150 |
| Федюнин Н.К., Лёзина И.В. Прогнозирование временных рядов радиально-базисной сетью .....                                                                                 | 156 |
| Хвостов А.И., Трешников А.А., Зеленко Л.С. Автоматизация сбора водно-энергетических показателей ГЭС и формирования нормативной документации .....                        | 159 |
| Хрисанов Н.Н. О повышении быстродействия аналого-цифровых преобразователей .....                                                                                         | 163 |
| Цициашвили Г.Ш., Осипова М.А., Лосев А.С. Вероятность несвязности графа на двумерном многообразии .....                                                                  | 167 |
| Чернобровин Н.Г., Боднарчук Г.А., Новиков А.О. Интегральная диагностика биполярных полупроводниковых структур .....                                                      | 171 |
| Шарафутдинов Н.А., Осипов М.Н., Щеглов Ю.Д., Знаменщикова Н.С. Оценка применения спекл-интерферометрии на одиночном спекле в научных исследованиях .....                 | 173 |
| Шишляков А.В., Шишляков В.Ф. Программный комплекс настройки алгоритма управления электроэнергетическими объектами .....                                                  | 176 |
| Шишляков В.Ф., Шишляков А.В., Шишляков Д.В. Синтез параметров операторов управления многосвязных САУ при алгебраической аппроксимации нелинейных характеристик .....     | 179 |
| Яблокова Л.В. Использование объектно-ориентированной парадигмы при математических расчетах в среде MATLAB .....                                                          | 182 |

#### Интеллектуальные информационные системы

|                                                                                                                                                                                           |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Iosifov V.P. Application responses weighing operation to problems of determining the measuring instruments dynamic characteristics .....                                                  | 187 |
| Акинина Н.В., Акинин М.В., Соколова А.В., Таганов А.И. Применение текстурных признаков Харалика в задачах обработки данных, полученных при помощи беспилотных летательных аппаратов ..... | 193 |
| Алимурадов А.К., Чураков П.П. Адаптивный метод повышения эффективности голосового управления .....                                                                                        | 196 |
| Аляутдинова Ф.Р., Суздальцев В.А. Статистические методы прогнозной диагностики .....                                                                                                      | 200 |
| Бибнев А.А., Моисеев В.А., Малахов С.В. Система синхронизации сервисов планирования событий .....                                                                                         | 202 |
| Бураков М.В. Модификация адаптивной системы с эталонной моделью .....                                                                                                                     | 205 |
| Бурлаков М.Е. Оптимизация наивного байесовского классификатора для решения задач классификации СМС сообщений .....                                                                        | 209 |



|                                                                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Буцких А.А., Розылина Е.А., Синкина О.А. Обнаружение угроз и перестройка сети в системе безопасности «Умный дом» .....                                                                                    | 215 |
| Волков Г.О. Разработка интеллектуальной системы контроля и управления учебным процессом с использованием электронной образовательной среды .....                                                          | 217 |
| Воронцова И.В., Рогова Т.С., Филатов А.Н., Комаров В.А. Конструкторская подготовка производства на основе параллельного нисходящего проектирования в едином информационном пространстве предприятия ..... | 220 |
| Ворошилов В.В., Пиявский С.А. Эвристический алгоритм оптимизации поисковой деятельности в фактографических поисковых системах .....                                                                       | 230 |
| Габдрахманова Л.Р. Построение системы оптического распознавания символов .....                                                                                                                            | 233 |
| Графкин В.В. Автоматизация определения координат объекта по изображению .....                                                                                                                             | 236 |
| Гуренкова О.В. Интеллектуальные информационные системы в экономической сфере .....                                                                                                                        | 238 |
| Денисов В.Ф. Архитектура и технологии проектирования распределенных интеллектуальных систем комплексной безопасности предприятий и территорий .....                                                       | 241 |
| Долинина О.Н., Бороздюхин А.А., Печенкин В.В. Использование экспертной системы для реализации «Умного чистого города» .....                                                                               | 245 |
| Дмитриев Н.В. Автоматизированная система преобразования топографических карт в геоинформационную модель .....                                                                                             | 249 |
| Жданова Е.А., Додонов М.В. Система поддержки принятия решений для распределения твёрдых ниток графика между грузоотправителями на железной дороге .....                                                   | 253 |
| Карпова Е.Д. Выбор алгоритма детектирования объектов на изображении для решения задачи поиска туристических объектов на фотографиях .....                                                                 | 256 |
| Клюев В.П. Автоматическая обработка больших объемов данных с использованием деревьев решений .....                                                                                                        | 259 |
| Корнев П.А., Шолохов А.В. Нейроструктурное моделирование систем искусственного интеллекта для решения сетевых проблем .....                                                                               | 261 |
| Корчагин П.О. Информационная система поддержки принятия решений методом «уверенных суждений ЛПР» .....                                                                                                    | 266 |
| Костанян О.Г., Куприянов А.В. Кластеризация больших объемов данных .....                                                                                                                                  | 268 |
| Ленчук В.Д., Маркин Д.О. Система мониторинга обмена электронными сообщениями удаленными пользователями на основе использования особенностей системы доменных имен .....                                   | 272 |
| Лёзина И.В., Николаева Н.А. Идентификация законов распределения многослойным перцептроном .....                                                                                                           | 274 |
| Лиманова Н.И., Седов М.Н. Об одном методе нечеткого поиска объектов в базах данных на основе метрики Левенштейна .....                                                                                    | 276 |
| Литвинов А.А., Акинин М.В. Оперативное картографирование местности с применением машин опорных векторов .....                                                                                             | 280 |



|                                                                                                                                                                                                           |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Лян А.И., Куприянов А.В. Применение технологии обработки больших данных для статистического текстурного анализа изображений.....                                                                          | 282 |
| Маркин Д.О., Галкин А.С., Архипов П.А. Построение анонимной сети на базе технологии веб-прокси .....                                                                                                      | 284 |
| Мартемьянов Б.В. Сшивка полос изображений с учетом межматричных голономных связей.....                                                                                                                    | 288 |
| Мартынова Л.А. Использование мультиагентной технологии в системах управления автономного необитаемого подводного аппарата .....                                                                           | 292 |
| Марыкова Л.А. Транспортные сети в NGN.....                                                                                                                                                                | 296 |
| Милованова А.А. Способы и проблемы модификации алгоритмов обнаружения объектов в системах видеонаблюдения.....                                                                                            | 298 |
| Мирошников Д.Ю., Симонова Е.В. Распределенное мультиагентное планирование заявок на выполнение задач в группе устройств .....                                                                             | 301 |
| Москалева Т.С., Полежаев П.Н. Интеллектуальная система анализа предпочтений абонентов для Интернет-провайдеров «Нетекси» .....                                                                            | 305 |
| Никифоров О.Ю. Использование информационной системы «История философских идей».....                                                                                                                       | 308 |
| Осипов И.В., Симонова Е.В. Расширение модуля стратегического планирования цеха промышленного предприятия возможностями адаптивности.....                                                                  | 311 |
| Платонов А.А. Разработка автоматизированной системы тестирования тарификации в биллинговой системе компании «Мегафон» .....                                                                               | 315 |
| Полежаев П.Н., Миронов А.П., Поляк Р.И. Анализ существующих разработок для многоадресной передачи трафика в программно-конфигурируемых сетях .....                                                        | 318 |
| Разумов А.Н., Маркин Д.О. Система удаленного управления функциональностью мобильного абонентского устройства .....                                                                                        | 322 |
| Сайфудинов И.Р., Мокшин В.В. Исследование способов обнаружения впереди едущих транспортных средств с помощью одной камеры .....                                                                           | 326 |
| Семенова В.А., Смирнов С.В. Семантическая идентификация объекта в задачах концептуального моделирования .....                                                                                             | 330 |
| Серов В.А., Лиманова Н.И. Поисковый информационно-библиографический web-сервис с элементами нечёткой логики.....                                                                                          | 333 |
| Симонова Е.В., Мишутин Д.Е. Разработка метода создания предметно-ориентированной онтологии оборудования малых космических аппаратов для организации интеллектуального процесса предоставления услуг ..... | 335 |
| Симонова Е.В., Новиков Д.А. Синхронизация Web-приложения и базы данных в мультиагентной системе целевого планирования космических аппаратов дистанционного зондирования Земли.....                        | 339 |
| Симонова Е.В., Проценко Д.А. Мультиагентный подход к планированию полётных операций .....                                                                                                                 | 341 |
| Ситников К.В., Ситников П.В. Интеллектуальная система управления электронными архивами как элемент управления знаниями в современном обществе .....                                                       | 345 |



|                                                                                                                                                                                                                                                |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Солдатова О.П., Иваев Д.З. Исследование эффективности алгоритмов обучения многослойного персептрона при решении задачи классификации.....                                                                                                      | 349 |
| Солдатова О.П., Кривякин Д.И. Решение задачи прогнозирования с использованием сетей HRBF.....                                                                                                                                                  | 353 |
| Солдатова О.П., Мушин А.Е. Классификация музыкальных композиций с использованием однослойного персептрона.....                                                                                                                                 | 355 |
| Соловьева Я.В., Арсланов Р.Р. Автоматизированная система учёта эвакуированных автомобилей на штраф стоянках.....                                                                                                                               | 359 |
| Соловьева Я.В., Кравченко А.В., Мурзин А.В. Автоматизированная система моделирования случайных процессов и расчета их характеристик .....                                                                                                      | 361 |
| Соловьева Я.В., Мудров Д.С. Автоматизированная система учета товаров на складах с автоматическим поиском аналогов .....                                                                                                                        | 363 |
| Соловьева Я.В., Назарова А.Н. Автоматизированная система «Книга жалоб и предложений гостиницы» .....                                                                                                                                           | 365 |
| Соловьева Я.В., Старкова Е.В. Автоматизированная система учета книг в библиотеке.....                                                                                                                                                          | 368 |
| Соснина Т.Н. Виртуальный продукт: анализ субстратной основы .....                                                                                                                                                                              | 370 |
| Стратилатова Н.Н., Скирмунт В.К., Егоров А.С., Юрыгина Ю.С., Анисимов А.С., Лахин О.И., Чехов А.В. Создание системы управления интеллектуальной собственностью на основе использования баз знаний (онтологий) и мультиагентных технологий..... | 374 |
| Тарасов В.Н., Трофимова О.В. Об одном подходе к разработке экспертной интеллектуальной системы .....                                                                                                                                           | 378 |
| Тархов Д.А., Симакина А.А., Суднева А.И. ОБРАБОТКА ДАННЫХ МЕТОДОМ треугольных приближений.....                                                                                                                                                 | 382 |
| Тихонова О.В., Мокшин В.В. Обнаружение и отслеживание динамических объектов в зашумленной среде на основе пространственно-временного анализа последовательности изображений.....                                                               | 385 |
| Фролова М.В., Ишкильдина С.А., Капарова А.В. Управление кросс-функциональным взаимодействием внутри проекта.....                                                                                                                               | 389 |
| Ханыкин А.И., Малахов С.В. Реализация методов и алгоритмов по улучшению качества изображения.....                                                                                                                                              | 393 |
| Чубова А.А. Разработка сайта для проекта Графконт.....                                                                                                                                                                                         | 395 |
| Шаталин Р.А., Фидельман В.Р., Овчинников П.Е. Алгоритм оценки аномальности траекторий движения в задачах видеонаблюдения на основе метода главных компонент.....                                                                               | 397 |
| Шлеймович М.П., Ляшева С.А. Сопоставление изображений с использованием энергетических признаков на основе вейвлет-преобразования .....                                                                                                         | 400 |
| Шуваева А.М., Москвичева Т.И., Яковлев А.В. Хранение цифровых карт местности на основе адаптивного метода их размещения в физической памяти ЭВМ.....                                                                                           | 404 |



### Информационная безопасность

|                                                                                                                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Аксенов А.С. Механизм восстановления доступа к аккаунту целевого ресурса с использованием электронной почты.....                                                                                         | 409 |
| Алейнов Ю.В. О способах размещения ложных целей в сети для обнаружения направленных атак.....                                                                                                            | 412 |
| Бомм А.А. Решение задач безопасности в игровой обучающей системе «3Ducation» .....                                                                                                                       | 414 |
| Бурлов С.А. Кодирование с проверкой на четность светового пучка Лагерра-Гаусса, несущего орбитальный угловой момент.....                                                                                 | 416 |
| Васин Н.Н., Ирбахтин А.А. Моделирование и мониторинг трафика в защищенных телекоммуникационных сетях .....                                                                                               | 419 |
| Ермошин Р.В., Кузнецов М.В. Комбинированный метод аутентификации пользователя на основе клавиатурного почерка .....                                                                                      | 423 |
| Ефимов И.Н., Косолапов А.М. Классификация способов подтверждения подлинности распознаваемого объекта .....                                                                                               | 425 |
| Заступов В.А., Кузнецов М.В. Циклическая аутентификация на основе традиционных действий пользователя.....                                                                                                | 429 |
| Зигаев Э.И. Проблемы маршрутизации в квантовых сетях как технологии безопасного обмена данными .....                                                                                                     | 431 |
| Кириянцев А.С., Стефанова И.А. Алгоритм динамической генерации ключей и подписей в приложении CRYPTCHAT .....                                                                                            | 434 |
| Козачок А.В. О некоторых определениях стойкости неразличимой обфускации программного кода .....                                                                                                          | 437 |
| Крутов А.Н. Опыт внедрения защищенной системы репликации.....                                                                                                                                            | 442 |
| Кузьмичев А.Б. Алгоритм идентификации субъекта по биометрическим признакам на основе теории систем со случайной структурой .....                                                                         | 446 |
| Мазалов А.Н. Защищенная двухфакторная графическая аутентификация в системе контроля и управления доступом.....                                                                                           | 450 |
| Рублевская В.О., Акулов В.А. Защита информации на основе кластеризации объектов: алгоритмы и программные средства.....                                                                                   | 454 |
| Цветов В.П. О факторизации бинарных отношений .....                                                                                                                                                      | 456 |
| Цеханский В.Б., Ловцов К.Н., Сухов Н.С. Потенциальное поле и принцип жадного продвижения .....                                                                                                           | 459 |
| Чигирь Р.В. Система аутентификации в распределённых сетях передачи данных .....                                                                                                                          | 461 |
| Шиверов П.К., Бондаренко В.В. Составляющие элементы модели доверия .....                                                                                                                                 | 465 |
| Янников И.М., Телегина М.В., Куделькин В.А. Автоматизированная система контроля обслуживания технических средств охраны систем физической защиты критически важных и потенциально опасных объектов ..... | 468 |



### Информационные технологии высокопроизводительных вычислений и телекоммуникации

|                                                                                                                                                                                                                       |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Артамонов Ю.С. Прогнозирование доступных вычислительных ресурсов кластера при помощи модели ЕММSP .....                                                                                                               | 474 |
| Болодурина И.П., Парфёнов Д.И. Структурная модель программно-управляемой инфраструктуры виртуального ЦОД .....                                                                                                        | 477 |
| Ватулин Э.И., Валяев С.Ю., Титов В.С. Анализ результатов применения метода случайного перебора при построении разбиений граф-схем параллельных алгоритмов в зависимости от размерности задачи и силы ограничений..... | 481 |
| Воротникова Д.Г., Головашкин Д.Л. Векторный алгоритм разностного решения волнового уравнения на графических процессорах.....                                                                                          | 487 |
| Востокин С.В. Применение предметных языков для автоматизации высокопроизводительных вычислений .....                                                                                                                  | 490 |
| Голубева Я.В. Разработка методики исследования алгоритмов балансировки нагрузки в параллельной реализации метода ветвей и границ .....                                                                                | 494 |
| Козин Н.С., Диязитдинов Р.Р. Помехоустойчивость OFDM-системы передачи с кодером по спецификации TS.36.212 .....                                                                                                       | 498 |
| Корячко В.П., Перепелкин Д.А., Иванчикова М.А. Организация адаптивной маршрутизации в сетях центров обработки данных .....                                                                                            | 501 |
| Кузьмин В.А., Глухов Д.В. Оптимизация вычислительного процесса в системе кластерного типа.....                                                                                                                        | 503 |
| Мутагаров М.С. Программный комплекс для моделирования параллельных алгоритмов матричного умножения .....                                                                                                              | 506 |
| Мясникова Н.В., Берестень М.П., Цыпин Б.В., Мясникова М.Г. Использование разложения на эмпирические моды на основе дифференцирования и интегрирования в ИИС .....                                                     | 510 |
| Наширванов Д.М., Востокин С.В. Акторная модель для статических алгоритмов в распределенных системах с использованием интерфейса передачи сообщений MPI.....                                                           | 515 |
| Орлов Ю.В. Основные проблемы реализации Среды комплексного анализа производительности параллельных алгоритмов оптимизации.....                                                                                        | 517 |
| Пальчевский Е.В., Халиков А.Р. Параллелизация нагрузки аппаратно-программного ядра в Unix-системах .....                                                                                                              | 521 |
| Пономаренко С.О., Диязитдинов Р.Р. Точность определения направления на источник сигнала в Smart-антеннах.....                                                                                                         | 525 |
| Посыпкин М.А. Открытая программная архитектура для высокопроизводительных методов оптимизации .....                                                                                                                   | 528 |
| Семенов И.Д., Чигарина Е.И. Сравнительный анализ технологий доступа к данным в системах баз данных .....                                                                                                              | 530 |
| Скорюпина Е.Г., Востокин С.В. Анализ реализаций акторной модели на платформе Java .....                                                                                                                               | 532 |
| Трошин А.В., Лапшин В.А. Кольцевое и параллельное резервирование в сетях Ethernet .....                                                                                                                               | 534 |



|                                                                                                                          |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Терёхин М.В., Чигарина Е.И. Классификация и анализ использования оконных функций в системах реляционных баз данных ..... | 536 |
| Царёв Д.А., Артамонов Ю.С. Сравнение основных возможностей и классификация облачных инструментов разработки .....        | 539 |
| Щербаков Д.В., Шлеймович М.П. Методы увеличения разрешающей способности изображений и их применение .....                | 542 |

### Информационные технологии в медицине

|                                                                                                                                                                               |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Абулханов Д.А., Ильясова Н.Ю., Корсаков А.В., Куприянов А.В. Оценка аберраций оптической системы глаза на основе пространственного спектра диагностического изображения ..... | 548 |
| Баулина О.В. Автоматизация процесса учета основных показателей критического состояния пациента .....                                                                          | 551 |
| Ивашенко А.В., Омерова Н.Л. Онтологии для фармацевтического маркетинга .....                                                                                                  | 553 |
| Ионкин М.А., Ильясова Н.Ю. Выделение изображений сосудов глазного дна с использованием вейвлет-преобразования .....                                                           | 556 |
| Кузьмин А.В. Динамическая геометрическая модель сердца .....                                                                                                                  | 560 |
| Кузьмин В.А., Терещенко Н.В., Вагарина Н.С. Анализ мозговой активности: предварительная обработка входных данных .....                                                        | 563 |
| Куленко Е.А. Скрининг онкологических заболеваний .....                                                                                                                        | 566 |
| Куприянов И.В., Семенов А.Д., Костюнин А.В. Кросскорреляционный алгоритм в применении к анализу динамики спекловой картины .....                                              | 569 |
| Кутикова В.В., Гайдель А.В. Статистическое исследование эффективности программы обучения пациентов с фибрилляцией предсердий .....                                            | 572 |
| Колсанов А.В., Назарян А.К., Ивашенко А.В., Горбаченко Н.А., Черепанов А.С. Архитектура средств разработки программного обеспечения хирургических тренажеров .....            | 576 |
| Лиманова Н.И., Атаев С.Г. Алгоритм программного анализа и метод параметризации объектов компьютерной томографии .....                                                         | 579 |
| Пермяков А.В. Возможности применения имитационного моделирования в медицине .....                                                                                             | 583 |
| Пищулина О.В., Мышенцева А.П., Акимова А.Е., Зеленко Л.С. Разработка автоматизированной системы для расчета показателей стоматологического здоровья .....                     | 586 |
| Пономарев В.П., Белоглазов И.Ю. Применение факторного и кластерного статистического анализа в медицине .....                                                                  | 589 |
| Сергеев А.С. Применение многоагентных технологий для реализации подсистемы мониторинга пациентов .....                                                                        | 592 |
| Ушакова Н.С., Ильясова Н.Ю. Разработка технологии автоматизации выбора областей интереса для проведения микроимпульсной лазерной терапии .....                                | 595 |



### Информационные технологии на транспорте

|                                                                                                                                                                                |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Авдеюк Д.Н., Приходьков К.В. Алгоритм работы программы для регистрации максимальных давлений в цилиндре двигателя внутреннего сгорания с искровым зажиганием .....             | 600 |
| Васюкова Е.О., Пеливан М.А., Яковлев А.В. Использование RFID-карт как аутентификатора в программно-аппаратном комплексе по предупреждению краж велосипедов .....               | 602 |
| Головнин О.К., Кондратьева Е.О. Интеллектуальная ГИС ITSGIS в управлении транспортной инфраструктурой г. Саранска .....                                                        | 606 |
| Головнин О.К., Сидоров А.В., Хворов А.В. Система микромоделирования транспортных потоков на одноуровневых пересечениях автомобильных дорог .....                               | 610 |
| Гурьянов А.В. Методы выделения иностранных маршрутов для внутрироссийского трафика .....                                                                                       | 614 |
| Забирова А.И. Информационная система управления энергооборудованием транспорта .....                                                                                           | 617 |
| Игнатенков А.В. Модель искусственной нейронной сети для построения графика движения поездов на двухпутном участке .....                                                        | 619 |
| Игнатенков А.В., Лысков М.Г., Ольшанский А.М., Дарадур В.С. О роли граничных условий в проектировании новой технологии эксплуатационной работы .....                           | 624 |
| Игнатенков А.В. Философские аспекты моделирования нейросетевых систем .....                                                                                                    | 630 |
| Ольшанский А.М., Игнатенков А.В. О решении задачи управления искусственной нейронной сетью при квазипериодическом характере поведения сигнала ошибки .....                     | 635 |
| Ольшанский А.М., Игнатенков А.В., Лысков М.Г. Один подход к автоматическому управлению эксплуатационной работой .....                                                          | 638 |
| Исайчева А.Г., Тарасова А.Е. Техническое диагностирование стационарных информационных систем .....                                                                             | 641 |
| Кислинский Н.П., Медведев М.В. Трехмерное моделирование объекта с использованием стереосистемы видеокамер .....                                                                | 644 |
| Корякина М.А. Разработка и проектирование базы данных с применением математического аппарата при обучении курсантов в автошколе ООО «Автомобилист» .....                       | 647 |
| Лисогор А.Е. Приложение "Прибывалка-63" для платформы J2ME .....                                                                                                               | 652 |
| Михеева Т.И., Имамудинов А.Н., Золотовицкий А.В. Многоуровневая архитектура веб-ориентированной геоинформационной системы ITSGIS .....                                         | 655 |
| Михеева Т.И., Ключников В.А., Михеев С.В., Головнин О.К. Принципы сетевцентрического управления транспортными потоками в формализме интеллектуальных транспортных систем ..... | 660 |
| Михеева Т.И., Федосеев А.А. Автоматизированная идентификация изменений конфигурации дорожной сети на основе материалов космической съемки .....                                | 663 |





|                                                                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Осьмушин А.А., Михеева Т.И., Сапрыкин О.Н. Многоагентное моделирование транспортных потоков в условиях нештатных изменений..... | 667 |
| Подьячев И.А., Маликов Р.Ф. Имитационная модель улично-дорожной сети в среде Anylogic .....                                     | 673 |
| Рябов С.С. Применение информационных технологий при оформлении дорожно-транспортных происшествий.....                           | 676 |
| Селеменев Д.А. Разработка компактного транспортного средства для го-рода «Safecar» .....                                        | 679 |
| Сидоров А.В., Михеев С.В. Синтез системы сбора информации о транс-портной инфраструктуре .....                                  | 682 |

#### Методика обучения и компьютерные обучающие программы

|                                                                                                                                                                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Busen Dusan Samara as global competence center for automotive industry .....                                                                                                                                        | 687 |
| Абакумов А.А., Семёнов А.Д. Использование SCADA систем в проекти-рование виртуальных лабораторий .....                                                                                                              | 689 |
| Авдеюк О.А., Харланова Т.С., Авдеюк Д.Н. Организация курсов повы-шения компьютерной грамотности для людей пенсионного возраста.....                                                                                 | 693 |
| Алексанова Е.В., Козлов В.В. Автоматизированная информационная система построения траекторий обучения на основе успеваемости сту-дентов.....                                                                        | 695 |
| Андреева Т.В. Оценивание качества студенческих научно-исследовательских работ и инновационных проектов с применением теории нечетких множеств .....                                                                 | 699 |
| Балабашина Ю.В., Козлов В.В. Автоматизированная информационная система кадрового учета преподавателей вуза .....                                                                                                    | 703 |
| Буштрук Т.Н., Царыгин М.В., Буштрук А.А. Информационные техноло-гии в образовательном контенте.....                                                                                                                 | 707 |
| Борисова Е.А., Еленев Д.В. Автоматизация работы отдела обеспечения деятельности диссертационных советов.....                                                                                                        | 713 |
| Васин Н.Н., Епишкина Е.Ю. Проблемы обучения студентов интеграции сетей IPV6 и IPV4 с использованием протокола OSPF.....                                                                                             | 715 |
| Васин Н.Н., Иванова Е.А., Мясоедов В.А. Программно-аппаратный ком-плекс по изучению и исследованию технологий пакетной коммутации .....                                                                             | 717 |
| Васюков О.Г. Развитие творчества у одаренной молодежи на практиче-ских и лабораторных занятиях.....                                                                                                                 | 721 |
| Вдовин П.С. Анализ и сравнение систем дистанционного обучения.....                                                                                                                                                  | 723 |
| Вершинин Н.Н., Безбородова О.Е., Авдонина Л.А. Использование ком-пьютерных обучающих программ при подготовке бакалавров по направ-лению «Техносферная безопасность» в Пензенском государственном университете ..... | 725 |
| Волик В.Г. Обучающий программный комплекс «Транспортная задача» .....                                                                                                                                               | 728 |
| Галеев И.Х. Интеллектуальные обучающие системы (Российский опыт) .....                                                                                                                                              | 731 |
| Гибадуллин А.Р. Сравнительный анализ программных комплексов Testmaker и Easyquizzzy.....                                                                                                                            | 735 |



|                                                                                                                                                          |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Глушков А.А., Елунин М.Н. Инфокоммуникационная система формиро-вания и управления системой вузовских разновозрастных исследова-тельских коллективов..... | 738 |
| Дерябкин В.П., Пузанков Н.М. Автоматизация процесса создания тестов-ых материалов на основе онтологии учебного курса .....                               | 741 |
| Еленев Д.В., Карпов К.В. Автоматизация учета учебно-методических ра-бот .....                                                                            | 745 |
| Еленев Д.В., Линник А.О. Обеспечение проведения конкурса молодых преподавателей и научных работников СГАУ посредством личных каби-нетов.....             | 746 |
| Ефимушкина Н.В. Применение имитационных моделей для изучения вычислительных систем и их подсистем .....                                                  | 749 |
| Избяков И.М., Кудрина М.А. Программа двоичного неравномерного ал-фавитного кодирования с равной длительностью информационных сиг-налов .....             | 753 |
| Капустина О.А., Михайлев А.В. Разработка мобильного развивающего приложения на платформе операционной системы Android.....                               | 758 |
| Качура Е.Д. Кейс-стади как метод постановки надпрофессиональных на-выков у будущих менеджеров.....                                                       | 761 |
| Кузьмичев А.Б. Автоматизированная система разработки основной про-фессиональной образовательной программы в соответствии с требова-ниями ФГОС .....      | 763 |
| Куковьякина Е.В. Особенности системы менеджмента качества, внедрен-ной в IT-компанию .....                                                               | 766 |
| Михеева О.П. Терминологические проблемы электронного обучения .....                                                                                      | 768 |
| Молчанова Е.С. Актуальность применения электронных изданий в про-цессе обучения.....                                                                     | 772 |
| Муравьева Г.В. Деловая игра «Переговоры» как средство практической постановки навыков делового общения.....                                              | 778 |
| Назарова Е.А., Зеленко Л.С., Шумская Е.А. Разработка подсистемы для создания творческого задания по информатике «о камнях» и проверки его решения .....  | 781 |
| Никишина А.Л., Зеленко Л.С. Разработка интерактивного обучающего приложения «Алгоритмы поиска и сортировки массивов».....                                | 785 |
| Орлова Е.Д., Корячко В.П., Борзенко А.Е. Разработка замкнутых обу-чающих программ с различными методами тестирования.....                                | 788 |
| Павлов А.Д. Вопросы локализации и развития инструментальной среды дистанционного обучения Math-bridge в России .....                                     | 791 |
| Пиявский С.А. Задачи региональной инфокоммуникационной среды раз-вития творчески одаренной молодежи.....                                                 | 793 |
| Потапов А.П., Зеленко Л.С. Разработка мобильного приложения для обучения основам алгоритмизации и программирования .....                                 | 796 |
| Радомский В.М. Поиск новых идей с использованием логики развития технических систем.....                                                                 | 798 |



|                                                                                                                                                       |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Синкина О.А. Ментальные карты и их применение в учебном процессе.....                                                                                 | 801 |
| Стрекалова Н.Б. Сетевое сотрудничество как условие информационной компетентности современного специалиста .....                                       | 803 |
| Тимошина В.М., Зеленко Л.С. Использование автоматизированной системы «методы оптимизации» при подготовке специалистов инженерных специальностей ..... | 808 |
| Тобратов Ю.М. Модернизация учебной ЛВС с применением технологии Wi-Fi.....                                                                            | 811 |
| Цыганова Ю.В., Прохорова Е.Ф. Автоматизация составления рабочих программ учебных курсов.....                                                          | 815 |
| Шаталов Р.Б. Региональная инфокоммуникационная система мониторинга выполнения исследовательских проектов школьниками.....                             | 819 |

#### Моделирование и анализ сложных технических систем

|                                                                                                                                                         |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Bushtruk T.N., Bushtruk A.A. Identification method of the quasi-stationary time series.....                                                             | 823 |
| Бажанов В.Л. Идентификация математических моделей методом масштабирования.....                                                                          | 829 |
| Бобков М.С., Ревина Ю.Д. Моделирование систем массового обслуживания методом конечных автоматов при условии неординарности потока входящих заявок ..... | 833 |
| Боряк С.В., Шаралапов А.Е. Анализ выходных данных тестовых фильтровиспользуемых в микромеханической измерительной системе MPU6050 .....                 | 836 |
| Боряк С.В., Шаралапов А.Е. Математической модель для тестирования PID регулятора используемого в двухколесных балансирующих роботах .....               | 838 |
| Будаговский Д.А. Улучшение динамических характеристик в электродинамическом ротационном стенде с помощью векторного управления.....                     | 841 |
| Буцких А.А., Буцких В.А. Выходная обработка и передача информации в камерах технического зрения .....                                                   | 843 |
| Варламова Е.П. Верификация в тестировании программного обеспечения.....                                                                                 | 845 |
| Воронцов И.В. Моделирование бизнес-систем.....                                                                                                          | 849 |
| Гавлиевский С.Л., Агалакова Т.С., Суриков М.В. Моделирование и системный анализ транспортных магистралей телекоммуникационных сетей.....                | 851 |
| Грачев И.А., Болотов М.А. Информационная система для автоматизации центрирования авиационных двигателей при выполнении сборочных работ .....            | 855 |
| Гречишников В.М., Теряева О.В. Математическая модель оптоэлектронного цифрового преобразователя угла с двумя встроенными параллельными ВОЦАП .....      | 857 |
| Докучаев А.В., Котенко А.А. Постановка задачи согласования цен нескольких поставщиков .....                                                             | 861 |
| Дон Ч., Заболотнов Ю.М., Ван Ч. Управление развертываемой космической тросовой системой с атмосферным зондом.....                                       | 863 |



|                                                                                                                                                                                              |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Ершов Р.А., Морозов О.А., Фидельман В.Р. Определение местоположения источников излучения в спутниковых системах связи с кодовым разделением доступа в условиях влияния эффекта Доплера ..... | 867 |
| Зотеев В.Е., Свистунова А.А. Численный метод определения параметров остаточных напряжений в поверхностно упрочненном полупространстве .....                                                  | 871 |
| Иванов В.И., Ромаданова М.Н. Электрическое эхо на современных сетях.....                                                                                                                     | 875 |
| Иванов Д.В., Серебряков А.Ю. Идентификация FAR процессов при наличии помехи, описываемой уравнением с разностью дробного порядка .....                                                       | 878 |
| Ивашенко А.В., Купер Д.В. Моделирование и анализ распределенных диагностических комплексов.....                                                                                              | 882 |
| Кильметов Э.А., Заико А.И. Экспериментальные исследования динамических характеристик мостовых сенсорных модулей на базе AMR-эффекта .....                                                    | 884 |
| Климентьев К.Е. Влияние динамики случайных графов «геометрического» вида на результаты моделирования эпидемий .....                                                                          | 888 |
| Котенко А.П., Пшенина Д.А., Туровец С.Д. Получение стандартизованных значений характеристик продукции при стохастических параметрах производственного процесса.....                          | 891 |
| Котенко А.П., Щербаков М.С. Сведение задачи о числе кластеров к вычислению кратчайших расстояний на графе .....                                                                              | 893 |
| Курачник Э.В., Иванов Д.В. Оценивание параметров ARX Систем класса Винера при наличии помехи во входном сигнале.....                                                                         | 895 |
| Кульга К.С., Половинкин А.В. Применение программного обеспечения САПР для проектирования станочных приспособлений .....                                                                      | 898 |
| Любимов В.В., Лашин В.С., Шилов К.Е. Численное моделирование и расчет на прочность при вращении твердого тела с малой асимметрией в атмосфере .....                                          | 902 |
| Михайлов Д.С. Алгоритм жадного продвижения на основе электростатического потенциала .....                                                                                                    | 906 |
| Павлов К.В., Стефанова И.А. Моделирование порога слышимости при маскировке слуха.....                                                                                                        | 909 |
| Папе А.В., Стефанова И.А. Использование подсистем для моделирования устройств в Simulink .....                                                                                               | 913 |
| Пеливан М.А., Васюкова Е.О., Яковлев А.В. Система моделирования и имитации режимов бомбометания .....                                                                                        | 918 |
| Привалов А.Ю., Царёв А.А. влияние моделей подвижности узлов на характеристики DTN сетей .....                                                                                                | 922 |
| Пугачев А.И. Модель перерабатывающего предприятия .....                                                                                                                                      | 926 |
| Ревина Ю.Д., Туровец С.Д. Отображение параллельного и последовательного соединения подсистем массового обслуживания на графе состояний .....                                                 | 929 |
| Решетникова Н.В., Криволапчук И.Г. Адаптивное управление платформой авиационного тренажера.....                                                                                              | 931 |



|                                                                                                                                                                  |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Самойлова Д.В. Модель разделения сетевой задержки пакетов на физическую и телекоммуникационную компоненты .....                                                  | 935 |
| Сахибазарова В.Б., Наумов О.Н. Математическое моделирование движения космической тросовой системы в нецентральной гравитационном поле Земли .....                | 939 |
| Светлов М.С., Львов А.А., Мартынов П.В., Светлова М.К. Повышение помехоустойчивости информационных каналов в условиях действия помех большой интенсивности ..... | 942 |
| Семенов А.Д., Петров Д.И., Колонцаков А.А. Нечеткое управление многосвязными системами .....                                                                     | 946 |
| Соленый С.В., Соленая О.Я. Программирование блока мониторинга и защиты узлов газоснабжения .....                                                                 | 950 |
| Темирбаев А.А., Намазбаев Т.А., Иманбаева А.К., Мархабаев М.А., Капурнова С.А., Исследование электродинамических свойств анизотропной фрактальной антенны .....  | 953 |
| Халиулин Р.Р., Полукаров Д.Ю. Моделирование сетевого оборудования с произвольным алгоритмом маршрутизации в среде OMNET++ .....                                  | 957 |
| Цыганков Д.Э., Похилько А.Ф. Процессное описание 3D-модели изделия в рамках методологии IDEF .....                                                               | 960 |
| Черняев А.А. Проблема разработки информационной системы организационно-функциональной поддержки процессов испытаний ГТД .....                                    | 963 |
| Шабета А.С. Моделирование изображений кристаллических решеток получаемых в электронном микроскопе методом многих слоёв .....                                     | 965 |
| Шамиданов Д.Г., Бармин А.А., Шилина М.А. Правила формирования универсальной формальной модели контента информационного пространства .....                        | 968 |
| Шикина Е.Д., Каюрин Е.А. Диспетчеризация потока заявок системы массового обслуживания с помощью транспортной задачи линейного программирования .....             | 972 |
| Широканев А.С. Разработка метода идентификации кристаллических решёток для решения проблемы неоднозначности выбора элементарной ячейки Браве .....               | 974 |
| Яблоков Д.Е. Универсальная модель данных как средство классификации при решении исследовательских задач .....                                                    | 978 |

#### Философия искусственного интеллекта и трансгуманизм

|                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Арзаматов А.Г. Когнитивный проект России в свете современной геополитики .....                      | 983 |
| Богатырева Е.Д. Музыкальная философия А.Н. Скрябина .....                                           | 985 |
| Гатен Ю.В. К вопросу об использовании элементов искусственного интеллекта в сфере образования ..... | 990 |
| Дёмин И.В. Как возможна консервативная критика социальной действительности? .....                   | 993 |



|                                                                                                                      |      |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| Демина А.И. Проблема субъекта в концепции “Mind-body” Т. Метцингера .....                                            | 997  |
| Евсеев С.М. Практическое применение искусственного интеллекта .....                                                  | 999  |
| Казанцева С.Г. Достижения научно-технического прогресса в повседневной жизни Самары на рубеже XIX-XX веков .....     | 1002 |
| Клёцкин М.В. О ценностном аспекте создания «квантового сознания» искусственного интеллекта .....                     | 1005 |
| Кривопалова Н.Ю. Вклад отечественных ученых в формирование системного подхода в научном познании в начале XX в. .... | 1007 |
| Лихачева С.И. Искусство и не-искусство с позиции технического сознания. Постановка проблемы .....                    | 1009 |
| Лишаев А.С. Антропологические эффекты домашнего фотоархива .....                                                     | 1012 |
| Нестеров А.Ю. Техническое сознание в концепции университета 3.0: постановка проблемы .....                           | 1016 |
| Оботурова Г.Н. Язык как интерфейс когнитивно-информационной и социальной сетевой конвергенции .....                  | 1019 |
| Самуилова М.О. Технический объект в историческом познании .....                                                      | 1023 |
| Стычков И.К. Политические аспекты информационного общества .....                                                     | 1025 |
| Трафимова Г.А. Роль информационных технологий в развитии социальных институтов современного общества .....           | 1028 |
| Ястреб Н.А. Высокие гуманитарные технологии в структуре современного технического сознания .....                     | 1032 |



#### Перспективные информационные технологии (ПИТ 2016):

труды Международной научно-технической конференции

#### Advanced Information Technologies and Scientific Computing

(PIT 2016): Proceedings of the International Scientific Conference

#### Редакционная коллегия

Прохоров С.А. – главный редактор;

Ивашенко А.В. – технический редактор;

Востокин С.В., Еленев Д.В., Заболотнов Ю.М., Куликовских И.М., Лёзин И.А., Михеева Т.И., Нестеров А.Ю., Новиков С.Я., Солдатова О.П., Столбова А.А.

Подписано в печать 21.04.2016

Формат 60х90 1/16 Бумага офсетная. Печать офсетная.

Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 65,75. Тираж 500 экз.

Типография СНЦ РАН. Самара, Студенческий переулок 3А. Заказ 758