ПИТ - 2014

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЁВА (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

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

САМАРСКОЕ РЕГИОНАЛЬНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ НАУЧНОГО СОВЕТА ПО ПРОБЛЕМАМ МЕТОДОЛОГИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА РАН

Международная научно-техническая конференция

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Advanced Information Technologies and Scientific Computing

30 июня – 4 июля 2014 г.

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ

САМАРА, 2014

УДК 004

Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014): труды Международной научно-технической конференции / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2014. – 534 с.

Advanced Information Technologies and Scientific Computing (PIT 2014): Proceedings of the International Scientific Conference / Ed. S.A. Prokhorov, Russia, Samara: Samara Scientific Center of RAS, 2014. – 534 p.

ISBN 978-5-93424-704-2

В сборник научных трудов включены доклады Международной научно-технической конференции «Перспективные информационные технологии – 2014», проходившей с 30 июня по 4 июля 2014 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 высокопроизводительных вычислений, информационных технологий на транспорте, методик обучения и компьютерных обучающих программ, моделирования и анализа сложных технических систем.

Печатается по решению издательского совета
Самарского научного центра Российской академии наук

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

ISBN 978-5-93424-704-2

© Оргкомитет конференции, 2014
© Самарский государственный аэрокосмический университет, 2014

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

S.A. Prokhorov, I.M. Kulikovskikh, D.V. Tselishev

SOLVING RECURRENCES FOR LAGUERRE FUNCTIONS TO PROVIDE SCIENTIFIC COMPUTING IN MOBILE TECHNOLOGIES

(Samara State Aerospace University, Samara, Russia)

Recently advances in mobile technology have improved computer processing power. To maximize the effects from these advances in hardware technology, the productivity of technology for developing concurrent networked middleware and application software should also increase. Although hardware advances, it is necessary to implement low-level software optimizations; the processing costs and effort to develop mobile software continues to increase [1, 2].

This article is motivated by the rapid development of mobile technologies. In spite of advantages of mobile technologies, such as portability, mobility, and productivity, the mobile application development determines the following minimal requirements: long response time, limited memory, and high processing costs. The main purpose of this research is to create lightweight algorithms according to these requirements. To discover the possibility of using mobile technologies for scientific computing, we developed the lightweight algorithms based on Fourier series expansion method. However, we offer to solve recurrences for orthogonal functions to keep to the requirements and to provide demanded accuracy of scientific computing [3].

We now state the problem. Let $L_k(\tau,\gamma)$ denote Laguerre functions [4] that are given by

$$kL_k(\tau,\gamma) = (2k-1-\tau)L_{k-1}(\tau,\gamma) - (k-1)L_{k-2}(\tau,\gamma)$$

in the Hilbert space $\tau \in R^+$ with the pole position $\gamma \in \Gamma$, where $\Gamma \in \{\gamma \in R : \gamma > 0\}$.

With regard to $\int_0^\infty f^2(\tau)d\tau < \infty$, we can expressed a function $f(\tau)$ as an expanded series

$$f(\tau) = \sum_{k=0}^{m} \beta_k L_k(\tau,\gamma),$$

where the Laguerre coefficients can be defined as

$$\beta_k = \frac{\langle f(\tau), L_k(\tau,\gamma)\rangle}{\|L_k(\gamma)\|^2}, \tag{1}$$

where $\|L_k(\gamma)\|^2$ is the norm of the Laguerre functions.

Then, we estimate the coefficients by numerical-analytical approach [5]

$$\beta_k = \frac{1}{\|L_k(\gamma)\|^2} \sum_{i=0}^{I_{\max}-1} \left(a_i \int_{t_i}^{t_{i+1}} L_k(t)dt + b_i \int_{t_i}^{t_{i+1}} tL_k(t)dt \right), \quad (2)$$

where a_i, b_i are linear interpolation coefficients in accordance with $f(\tau) = \sum_{i=0}^{I_{\max}-1} (a_i + b_i t)\delta_i$, δ_i – indicator function.

Using quadrature (2) considerably increases the accuracy of the research results in comparison with (1) if we define the integrals $\int L_k(\tau,\gamma)d\tau$ and $\int \tau L_k(\tau,\gamma)d\tau$ analytically by recurrence relations. To define these recurrences is the next problem.

Recurrences entail an enormous computational cost so it is very important to solve this problem in the best way. In accordance to types of recurrence [7] the orthogonal functions can be implemented as second order recurrences. There is common-sense rule for solving any recurrences [7]: to compute recurrence values do save all values in the array instead of do use a recursive program, because it takes exponential time. On the other hand, computing the Laguerre integrals leads to significant increase in memory size. To find the solution to this problem, we use the basic technique to solve recurrence that is called as telescoping [7].

Before we go any further, it is necessary to present $\int L_k(\tau,\gamma)d\tau$ and $\int \tau L_k(\tau,\gamma)d\tau$ using connection coefficients method [8]

$$\int L_k(\tau,\gamma)d\tau = \sum_{v=0}^{\infty} c_{k,v} L_v(\tau,\gamma) + C, \quad (3)$$

where

$$c_{k,v} = \left\langle L_v(\tau,\gamma), \int L_k(\tau,\gamma)d\tau \right\rangle = \begin{cases} 2, & if\ k = v; \\ 4(-1)^{k+v}, & if\ k < v; \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (4)$$

Substituting (4) in (3) gives

$$\int L_k(\tau,\gamma)d\tau = -4\sum_{v=0}^{\infty} (-1)^{k+v} L_v(\tau,\gamma) - 2L_k(\tau,\gamma) + C. \quad (5)$$

By analogy, we can define

$$\int \tau L_k(\tau,\gamma)d\tau = -(k+1)\int L_{k+1}(\tau,\gamma)dt + (2k+1)\int L_k(\tau,\gamma)dt - k\int L_{k-1}(\tau,\gamma)dt + C.$$

To support the theoretical results, we provided a series of computational experiments.

Here are the code snippets in Java in the case of direct using of the recurrences and solving the recurrences (5) to calculate the Laguerre integrals, respectively.

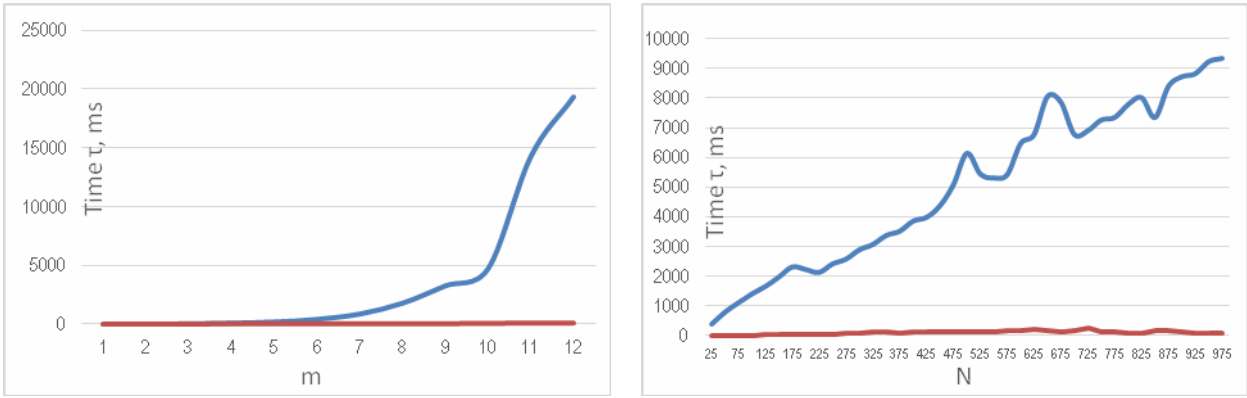
```
# direct using of the recurrences
public  static  double  recurrentFunctionLaggera
(double point, double gamma, int k) {
if (k == 0) {
     returnMath.exp(-gamma * point / 2);
 }
if (k == 1) {
```

```
returnMath.exp(-gamma * point / 2) * (1 - gamma *
point);
 }
return (2 * k - 1 - gamma * point) * recurrent-
FunctionLaggera (point, gamma, k - 1) / k - (k -
1) * recurrentFunctionLaggera (point, gamma, k -
2) / k;
 }
public static double recurrentIntegral1 (double
point, double gamma, int k) {
if (m == 0) {
return -2 * Math.exp(-gamma * point / 2) / gamma;
 }
doubletmp = 0;
tmp += -2 * recurrentFunctionLaggeraPoint(point,
gamma, k) / gamma;
for (inti = m - 1; i>= 0; i--) {
tmp += -2 * recurrentIntegral1(point, gamma, i);
 }
returntmp
 }
```

 # solving the recurrences

```
public static double basicIntegral1(double point,
double gamma, int k) {
double[] functionLaggera = basicFunctionLag-
gera(point, gamma, k);
double result = 0;
for (int v = 0; v <functionLaggera.length; v++) {
result += Math.pow(-1, k + v) * functionLag-
gera[v];
 }
result *= -4 / gamma;
result -= -2 * functionLag-
gera[functionLaggera.length - 1] / gamma;
return result;
 }
public static double[] basicFunctionLag-
gera(double point, double gamma, int k) {
double[] result = new double[k + 1];
result[0] = Math.exp(-gamma * point / 2);
if (k == 0) {
return result;
 }
result[1] = Math.exp(-gamma * point / 2) * (1 -
gamma * point);
for (inti = 2; i<result.length; i++) {
result[i] = (2 * i - 1 - gamma * point) * re-
sult[i - 1] / i - (i - 1) * result[i - 2] / i;
 }
return result;
 }
```

The results of the computational experiments to test these code snippets are depicted in Fig. 1 varying m (a) and number of intervals N (b) if $f(\tau) = \exp(\lambda\tau)(\cos\omega\tau + \lambda\sin\omega\tau/\omega)$ for given λ, ω. The experiments were provided by a tablet with the following features: 1GB RAM, quad-core CPU 1200 MHz, based on Android v. 4.4.1.



(a) (b)

Fig. 1. Results of the conducted experiments

From the data from Fig. 1 it is clear that solving recurrences gives enormous effect on providing scientific computing in mobile technologies.

References

1. Weir C., Noble J. Small Memory Software: Patterns for systems with limited memory, Addison Wesley, 2000.
2. Dougherty B., White J., Schmidt D.C. Model-driven auto-scaling of green cloud computing infrastructure, International Journal of Future Generation Computing Systems, Special Issue on Green Computing Systems, 28(2) (2012), 371 – 378.
3. Kulikovskikh I.M., Prokhorov S.A. Some lightweight algorithms for scientific computing in mobile technologies, Proceedings at the conference on Applied Mathematics and Scientific Computing, Croatia, Sibenik, 2013, pp. 40 – 41
4. Prokhorov S.A., Kulikovskikh I.M. Basic orthogonal functions and its applications. Part I. Orthogonal functions of exponential type, Samara Section of Russian Academy on Science, 2013.
5. Prokhorov S.A., Kulikovskikh I.M. Numerical-analytical approach to integrals calculation in the construction of orthogonal models,Vestn. Samar. Gos. Tech. Univ., Ser. Fizikomat. Nauki, 19 (2), 2009, pp. 140 – 146 [in russian]
6. Sedgewick R., Flajolet P. An introduction to the analysis of algorithms. Second edition, Pearson Education, 2013.
7. Doha E.H. On the connection coefficients and recurrence relations arising from expansions in series of Laguerre polynomials, J. Phys. A: Math. Gen. 36. 2003, pp. 5449 – 5462

Ю.Н. Антонов

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ ЛАЗЕРНОЙ ПОДГОНКИ

(Ульяновский государственный технический университет)

Воздействие лазерным лучом (лазерная подгонка) на материал пленок является одним из методов повышения точности сопротивления пленочных резистивных элементов (РЭ). Данный метод позволяет получать результаты по точности сопротивления РЭ в соответствии с проектной документацией.

Включение компьютеров в процессы исследования, проектирования и производства пленочных РЭ, как пассивных компонентов микроэлектроники, привело к появлению форм деятельности, одной из которых является построение моделей предметной области и проведение вычислительных экспериментов с помощью этих моделей, поскольку натурные эксперименты на реальном оборудовании не всегда возможны.

Для исследования моделей предметной области по лазерной подгонке с помощью вычислительного эксперимента необходимо обосновать научность проблемы по повышению точности сопротивления и минимизации повреждений при разрезе материала РЭ.

1. Лазерная подгонка представляет интерес для науки, производства и широко применяется странами, производящими высококачественную электронику.

2. Проблема применения лазерной подгонки для повышения точности сопротивления РЭ далека от окончательного решения, что дает возможность постановки новых научно-технологических задач.

3. Проблема имеет комплексный характер и лежит на стыке нескольких областей знаний.

4. Сложность проблемы предполагает ее декомпозицию на конкретные задачи, относящиеся к определенной области научного знания.

Характер проблемы подгонки предусматривает исследование, основными этапами которого являются:

- анализ экспериментальных данных лазерной подгонки;
- декомпозиция общей проблемы на отдельные частные задачи, допускающие различные подходы к их решению;
- разработка моделей на основе законов физики, фигурирующих в рамках указанной комплексной проблемы;
- разработка математической модели всей проблемы;
- проведение вычислительного эксперимента на основе математических моделей.

Применительно к проблеме подгонки создание ее модели приводит к выявлению задач:

1) изучения взаимодействия лазерного излучения с резистивными материалами;

2) анализа физического повреждения пленок лазерным излучением;

3) применения технологических решений, учитывающих влияние лазерных разрезов на эффективность подгонки;

Все приведенные задачи требуют исследования конкретных явлений, учитывающих физическую компоненту.

Общей чертой всех рассматриваемых задач является описание качественной картины происходящих явлений, которая дополняется учетом количественных соотношений.

Разрезы, с помощью которых осуществляется лазерная подгонка, представляют собой перекрывающиеся отверстия, получающиеся в результате воздействия лазерных импульсов (см. рис. 1).

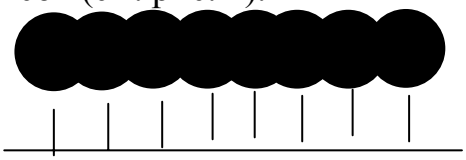


Рис. 1. Форма лазерного реза

Высокая частота повторения импульсов позволяет быстро обрабатывать большие участки пленок, а независимость каналов лазерного воздействия на материал и измерения - применять средства автоматизации для повышения эффективности подгонки [1]. Для определения базового процесса в качестве основы математического моделирования подгонки рассмотрены физические процессы и явления [2].

Тепловое воздействие. Физические явления, сопровождающие взаимодействие лазерной энергии с резистивным материалом, включают: нагрев поверхности, поверхностное плавление, глубокое проплавление, поверхностное испарение.

При испарении резистивного материала под действием сил поверхностного натяжения осуществляется расплавление и скатывание расплава на край обрабатываемого участка. При этом часть материала в капельной или мелкодисперсной фракциях удаляется за счет разбрызгивания. При большой зоне облучения и малой толщине материала превалирует испарительный механизм.

Разрез пленок. Испаряющееся вещество пленки начинает поглощать лазерное излучение и, нагреваясь, ионизируется. Вблизи облучаемой поверхности образуется поглощающая плазма, которая начинает распространяться вдоль пучка навстречу излучению.

При малой зоне облучения и большой толщине материала возрастает роль разрушения вытеснением жидкой фазы. Геометрия обработки такова, что крылья этого профиля воздействуют на пленку в непосредственной близости от прожигаемого места. Энергия, содержащаяся в этой части пучка, достаточна для быстрого нагрева пленки до высокой температуры. Этот быстрый нагрев, последующее охлаждение пленки и разрушение материала, находящегося в не-

посредственной близости от траектории следа лазерного пучка, приводят к нестабильности сопротивления во времени (дрейфу).

Так как точную геометрию поврежденной нагревом зоны невозможно прогнозировать, то при разработке подгонки РЭ параметры дрейфа могут учитываться только на основе экспериментальных данных.

Изменение сопротивления. При подгонке базовой характеристикой изменения внутреннего электрического поля пленочного РЭ в условиях воздействия внешнего поля является изменение сопротивления или подгоночная характеристика. Учет влияния воздействия лазерного излучения на этапе проектирования топологии гибридных интегральных схем (ИС) осуществляется разработкой специальных конфигураций пленочных РЭ, позволяющих, с одной стороны, уменьшить влияние “поврежденной нагревом зоны” на электрофизические свойства, с другой - обеспечивающих достижение по точности нормативного значения сопротивления. Изменение сопротивления РЭ осуществляется двумя способами:

1) удалением части материала для уменьшения токоведущей части односекционных и многосекционных РЭ при непрерывной подгонке;

2) разрезом проводящих и резистивных перемычек многосекционных РЭ при дискретной подгонке.

Непрерывная подгонка РЭ. Подгонка осуществляется применением типовых приемов (резов) [3] к конфигурациям РЭ, которые представлены на рис. 2.

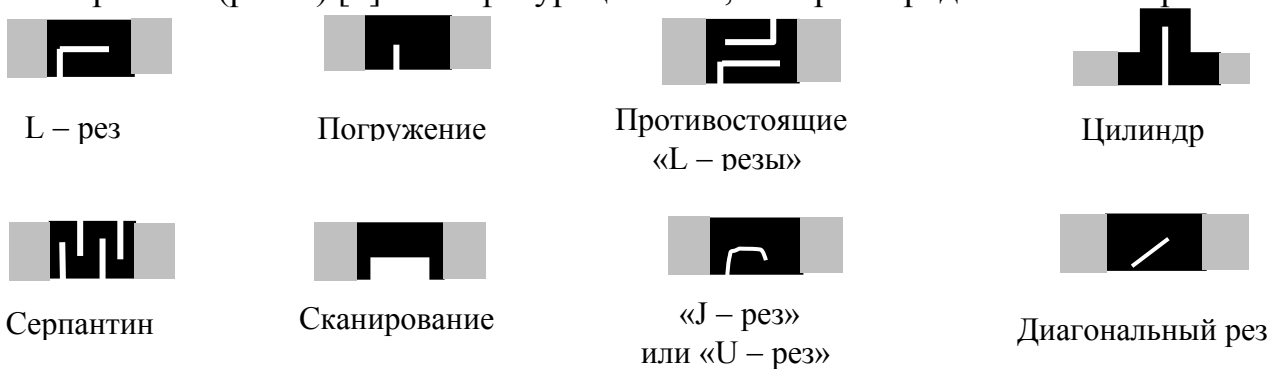


Рис. 2. Типовые приемы непрерывной лазерной подгонки

Дискретная подгонка РЭ. Конфигурации пленочных РЭ для дискретной подгонки сопротивления с удалением проводящих и резистивных перемычек представлены на рис. 3 [4].

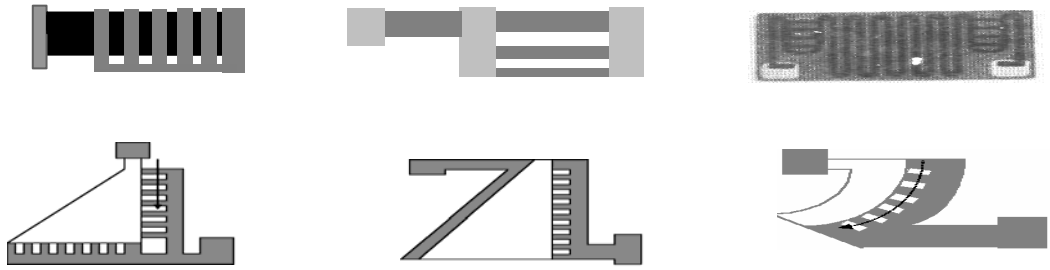


Рис. 3. Конфигурации РЭ для дискретной подгонки

Выбор формы лазерных резов и координат начала лазерной резки для конкретной конфигурации пленочного резистора составляет сущность проектирования подгонки, как механизма регулирования технологии изготовления пленочных РЭ и плат гибридных ИС.

Обоснование решения по применению наилучшего варианта подгонки требует натурных экспериментов на установках лазерной подгонки, что не всегда возможно, или математического моделирования.

Общий подход для разработки моделей подгонки основан на определении величин потенциалов в условиях изменения параметров конфигурации РЭ (ширины, длины, числа секций) и базируется на уравнениях Лапласа и Пуассона. Для решения этих уравнений в частных производных не существует универсального алгоритма, и применяются особые индивидуальные методы: аналитический, квадратов, сеточный.

Математическая модель подгонки включает компонентные модели, модель качества, изменения конфигурации. Класс компонентных моделей реализуется выделением конечного числа схемных компонентов. Решение системы компонентных уравнений позволяет оценить значения сопротивления РЭ и всей гибридной ИС при пассивной или функциональной подгонке. Модели качества предусматривают оценку годности пленочных РЭ, плат гибридных ИС с использованием фазовых переменных одного типа [5]. Имитация изменения конфигурации пленочного резистора лазерным лучом реализуется при пассивной подгонке применением моделей расчета сопротивления для каждого отдельного пленочного резистора.

Формулирование концепции моделирования лазерной подгонки основывается на формировании подгоночной характеристики из множества измеренных или вычисленных значений сопротивления и оценке формы ее изменения для конкретной конфигурации пленочного резистора.

Форма подгоночной характеристики позволяет выбирать стратегию подгонки как по эвристическим, так и специально проектируемым траекториям.

Литература

1. Антонов, Ю. Н. Программное обеспечение автоматизированной установки лазерной подгонки резисторов / Ю.Н. Антонов, К. И. Вершинин, В.М. Николаев // Приборы и системы управления. – М.: Машиностроение, 1991. – № 8. – С. 17.

2. Банас, К. Лазерная обработка материалов / К. Банас, Р. Уэебб // ТИИЭР. 1982. – Том. 70, – № 6. – С. 35-39.

3. PM Industries Manufacturing Servces. Http://www.pmindustriesinc.com/index.cfm.

4. Готра, З. Ю. Подгонка пленочных резисторов микросхем / З. Ю. Готра, И. Я. Хромяк, Л. Н. Войтеков // Зарубежная электронная техника. – М.: ЦНИИ «Электроника», 1985, вып. 1(254). – С. 30–74.

5. Антонов Ю.Н., Применение информационных технологий для повышения эффективности лазерной подгонки пленочных резисторов / Перспективные информационные технологии (ПИТ 2013). Труды МНТК / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2013. – 488 с.

П.Г. Антропов, О.Н. Долинина, А.Ю. Шварц

СПОСОБ ДИАГНОСТИКИ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ АГРЕГАТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИБРИДНЫХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

(ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю.А.»)

Одной из важнейших задач систем транспорта и хранения природного газа ОАО «Газпром» является бесперебойность и высокая эффективность поставки природного газа на потребительский рынок в нашей стране и за рубежом. Выполнение этой задачи невозможно без реализации системы мер направленных на обеспечение эффективной и долгосрочной работы основного оборудования компрессорных станций – газоперекачивающих агрегатов (ГПА), которых по стране насчитывается несколько тысяч. Эта реализуемая система мер должна предусматривать комплексы взаимосвязанных мероприятий направленных , в том числе, на мониторинг технического состояния оборудования как первооснову безопасной и эффективной эксплуатации.

Отечественный парк ГПА характеризуется широким диапазоном эффективных мощностей (2,5…25 МВт), наработок (до 100 тысяч часов и более), условиями эксплуатации и сервисного обслуживания и т.п.. В силу этой неоднородности показатели надежности и эффективности работы, даже однотипных агрегатов в различных дочерних обществах и на разных промплощадках могут существенно различаться. Кроме того, необходимо отметить, что и сама газотранспортная система страны была в целом сформирована к середине 80-х годов 20-го века, но изменение политической и экономической коньюнктуры за этот период приводили к существенному перераспределению нагрузки по существующим направлениям, соответственно изменялась и загруженность, и степень изношенности основного оборудования. Учитывая его непрерывное старение в условиях наметившейся диверсификации потоков поставок природного газа в Европу, основными направлениями повышения эффективности и надежности работы действующих ГПА могли бы быть поддержание их экономичности, оптимизация режимов эксплуатации, качества ремонта и обслуживания, а так же учет экологической приемлемости. Принципиальные возможности достижения этих целей базируются на качественном и своевременном техническом обслуживании и ремонте ГПА, продлении ресурса его эксплуатации без ущерба для показателей эффективности, а также, по возможности, обоснован-

ное прогнозирование сроков реконструкции и замены агрегатов. Таким образом, требуется решение как теоретических, так и практических задач достоверного анализа надежности и безопасности сложных технических систем. Разработка эффективных методов контроля и прогнозирования технического состояния ГПА по основным термодинамическим и технологическим параметрам с возможностью выявления дефектов на ранней стадии могло бы лечь в основу решения приоритетной задачи повышения надежности и эффективности газотранспортных систем.

Комплексная оценка технического состояния сложных технических систем базируется на иерархическом структурировании, анализе надежности структурных элементов и динамических методах контроля. Во многом результат диагностирования технического состояния ГПА предопределяется правильностью подбора наиболее информативных параметров контроля: вибрация, перепады давления, температур, эффективных КПД и др., а также корректностью построения принципиальных диагностических моделей и методик распознавания.

Описание проблемы

Сложность объекта исследования не позволяет получить универсальное решение, что вызывает трудности при разработке алгоритмов диагностики неисправностей и требует сочетания различных методик и подходов.

Исследованию задач повышения надежности энергетического оборудования и трубопроводных систем в разное время были посвящены работы С.П. Зарицкого [1], В.А. Иванова [2], В.А. Острейковского [3], Е.А. Ларина [4] и многих других. Исследования по повышению эксплуатационной надежности ГПА проводились ООО «Газпром ВНИИГАЗ», РГУНиГ им.И.М. Губкина, ООО «Оргэнергогаз», ВНИИЭГазпром, ТюмГНГУ, СГТУ им. Гагарина Ю.А. и рядом других.

В работе [5] описано исследование, направленное на повышение информативности и достоверности параметров, влияющих на остаточный ресурс ГПА. Была предложена методика прогнозирования остаточного ресурса и изменения технического состояния ГПА компрессорных станций с газотурбинным приводом. Также были разработаны основные принципы выбора критериев оценки технического состояния для ГПА-16МГ-90 и «Коберра-182», проведен анализ функциональных зависимостей и взаимного влияния узлов данных типов ГПА.

Однако применение любых методов диагностики и прогнозирования к газоперекачивающим агрегатам подразумевает регулярный сбор данных о техническом состоянии, как всей установки, так и отдельных ее компонентов. В настоящее время наибольшее распространение получила автоматизированная система диагностического обслуживания АСДО [6], которая внедрена на ряде предприятий ОАО «Газпром», ООО «Газпром добыча Надым», ООО «Газпром трансгаз Санкт-Петербург» и выполняет следующие функции: формирование математической модели исправного агрегата на основе полученных во время эксплуатационных технических испытаний; расчет термогазодинамических па-

раметров состояния проточных частей центробежного нагнетателя (ЦН) и газотурбинной установки (ГТУ) и прогноз изменения их значений; отслеживание выхода параметров из допустимого диапазона и формирование диагностических сообщений для оповещения; формирование рекомендаций; накопление и визуализация результатов параметрической диагностики.

Также распространенным в России программным комплексом является Compressor Performance Advisor от компании Compressor Controls Corporation. В число функций данного комплекса входит: создание математических моделей производительности ГПА; вычисление, мониторинг и хранение показателей эффективности и производительности; отслеживание критических отклонений и выдача предупреждений; выявление трендов в изменениях значений параметров.

К недостаткам такого рода систем можно отнести отсутствие функционала выдачи предположений по причинам возникающих отказов. Таким образом, система не оказывает достаточной поддержки в принятии решения для обслуживающего персонала, что понижает степень достоверности определения причин возникновения неисправности в силу различного уровня экспертных знаний и опыта работы у эксплуатационного персонала. Кроме того, заложенный в систему математический аппарат не отражает неуверенностей и неточностей, присущих утверждениям в любой предметной области.

Постановка задачи

В силу сложности и многокомпонентности объекта диагностирования задача выявления и предупреждения неисправностей сводится не только к контролю значений каждого параметра агрегата по отдельности. Выявление и предупреждение неисправностей установки может быть осуществлено только на основе анализа как системы в целом, так и ее структурных компонентов, также являющихся, в свою очередь, сложными системами. В частности, характерным признаком появления неисправности может являться не только критическое значение определенных параметров, но и динамика их изменения в рамках допускаемых технической документацией значений.

Взаимосвязь изменения параметров, наличия неисправностей и причин их возникновения имеет сложный характер. Для моделирования такого рода зависимостей более всего подходят методы искусственного интеллекта (ИИ), позволяющие описывать причинно-следственные связи между данными как числовой, так и нечисловой природы [7]. Также зависимости между параметрами могут иметь неявный характер, а система, оперирующая такими параметрами, должна предусматривать возможность неточностей и частичных неопределенностей в описании причинно-следственных связей.

Кроме того, применение методов ИИ для диагностирования неисправностей ГПА позволяет выполнять основные требования к диагностике: точность, достоверность и быстродействие.

Под точностью будем понимать степень совпадения реального значения диагностируемого параметра и значения, вычисленного системой диагностики.

Под достоверностью будем понимать степень уверенности в истинности утверждения, выдаваемого системой диагностики (например, о наличии определенного вида неисправности или набора вызвавших ее причин). В случае интеллектуальных систем точность и достоверность достигаются за счет использования экспертных знаний, а также многократной перенастройки (обучения) системы на основе исходных и вновь поступающих экспериментальных данных.

Под быстродействием будем понимать количество решений, даваемых системой за единицу времени. Выбор оптимального способа представления знаний в интеллектуальной системе, механизмов принятия решений и программно-аппаратной реализации позволяет удовлетворить требованиям к быстродействию системы диагностики.

Таким образом, использование методов ИИ в разработке программного комплекса диагностики неисправностей ГПА позволит в необходимой степени удовлетворить основным требованиям к диагностике и создать расширяемую платформу для дальнейшей доработки и модификации.

Объект исследования

В качестве объекта исследования рассматривается газоперекачивающий агрегат с газотурбинным приводом, принципиальная схема которого приведена на рис.1.

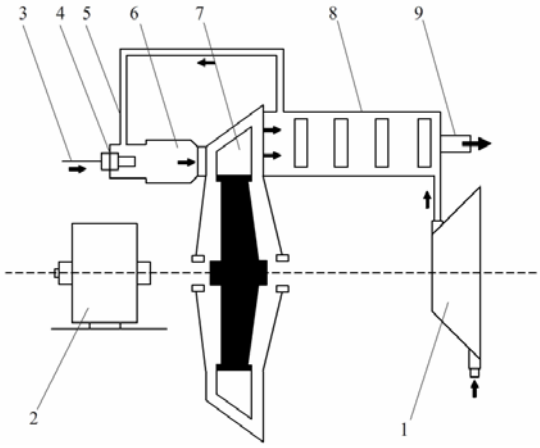


Рис. 1. Принципиальная схема газотурбинной установки с регенерацией (1 – компрессор, 2 – потребитель, 3 – топливный трубопровод, 4 – форсунка, 5 – воздушный трубопровод, 6 – камера сгорания, 7 – лопатки турбины, 8 – теплоообменник, 9 - патрубок)

Для анализа связи параметров ГПА, неисправностей и их причин было сформировано множество $Y = \{y_1, \ldots, y_{18}\}$, где каждому элементу поставлена в соответствие степень уверенности в наличии определенной неисправности: y_1 - изменение проходной площади соплового аппарата турбины высокого давления (ТВД); y_2 - увеличение радиальных зазоров осевого компрессора (ОК); y_3 - увеличение радиальных зазоров турбины; y_4 - увеличение зазоров в концевых уплотнителях; y_5 - негерметичность воздушного тракта регенератора; y_6 - вредный подогрев на входе компрессора; y_7 - увеличение сопротивления входного тракта ГТУ; y_8 - увеличение сопротивления тракта высокого давления; y_9 - увеличение

сопротивления выходного тракта ГТУ; y_{10} - загрязнение проточной части компрессора; y_{11} - эрозия элементов проточной части центробежного нагнетателя (ЦН); y_{12} - увеличение зазора в уплотнениях ЦН; y_{13} - уменьшение запаса устойчивой работы ОК (предпомпаж); y_{14} - уменьшение запаса устойчивой работы ЦН; y_{15} - выгорание элементов камеры сгорания (КС); y_{16} - коробление, занос, обрыв лопастного аппарата турбины высокого давления (турбины низкого давления); y_{17} - негерметичность проточной части газотурбинного двигателя (ГТД); y_{18} - занос фильтрующих элементов воздухозаборной камеры (ВЗК).

В ходе анализа предметной области было сформировано множество $X = \{x_1, x_2, \ldots, x_{26}\}$, каждому элементу которого поставлено в соответствие значение параметров ГПА: x_1 - барометрическое давление; x_2 - температура наружнего воздуха; x_3 - разрежение перед ОК; x_4 - температура перед ОК; x_5 - давление за ОК; x_6 - температура за ОК; x_7 - давление за регенератором; x_8 - температура за регенератором; x_9 - температура перед ТВД; x_{10} - давление за ТНД №1; x_{11} - давление за ТНД №2; x_{12} - температура за ТНД; x_{13} - обороты ротора ТВД; x_{14} - обороты ротора ТНД; x_{15} - давление газа перед нагнетателем; x_{16} - давление газа за нагнетателем; x_{17} - температура газа за нагнетателем; x_{18} - температура газа перед нагнетателем; x_{19} - разница температур газа на входе и выходе ОК; x_{20} - расход воздуха через ОК; x_{21} - эффективный КПД; x_{22} - КПД нагнетателя; x_{23} - степень сжатия; x_{24} - частота вращения ротора силовой турбины (ССТ или ТНД); x_{25} - уровень вибрации; x_{26} - уровень шума.

Кроме того, каждая неисправность может быть вызвана одной или несколькими эксплуатационными или иными причинами. Было сформировано множество $Z = \{z_1, z_2, \ldots z_{26}\}$, каждому элементу которого поставлено в соответствие степень уверенности в наличии определенной причины неисправностей: z_1 - коробление обоймы; z_2 - деформация, обрывом лопаток; z_3 - вибрация ротора; z_4 - перекос, расцентровка ротора; z_5 - дефекты подшипников; z_6 - температурные деформации при пусках и остановках ГПА; z_7 - отсутствие изоляции на регенераторах и газоходах; z_8 - неправильная компоновка ГПА на КС; z_9 - неплотность запорных клапанов систем анти-обледенения, тяги регенератора; z_{10} - обледенение входного тракта; z_{11} - пылевые отложения во входном тракте; z_{12} - эрозия (износ) входного тракта ГТУ; z_{13} - пылевые отложения в тракте высокого давления; z_{14} - эрозия (износ) тракта высокого давления; z_{15} - деформация выходного тракта ГТУ; z_{16} - рост отложений в выходном тракте ГТУ; z_{17} - уменьшение эффективности очистки воздуха, невыполнение периодических чисток; z_{18} - уменьшение эффективности очистки технологического газа (пылеуловители); z_{19} - вибрация, осевой сдвиг ЦН; z_{20} - уменьшение проходной площади ТВД; z_{21} - увеличение сопротивления входного тракта; z_{22} - ускоренный запуск; z_{23} - износ лопаток; z_{24} - уменьшение массового расхода воздуха; z_{25} - увеличение степени сжатия при постоянной частоте вращения ротора ($n_{cm}=const$); z_{26} - подрез рабочего колеса.

Кроме причинно-следственных связей между параметрами системы и неисправностями, а также неисправностями и их эксплуатационными системами, существуют также связи между самими параметрами, между неисправностями

и между их причинами. Наличие сложных транзитивных зависимостей обуславливает структуру разрабатываемой интеллектуальной системы.

Интеллектуальная система для принятия решения по диагностике неисправностей ГПА

Разработанный программный комплекс GAZDETECT для диагностики неисправностей ГПА основан на гибридной интеллектуальной системе, структура которой приведена на рис. 2. Основными компонентами системы являются искусственная нейронная сеть (ИНС) и подсистема нечеткого вывода.

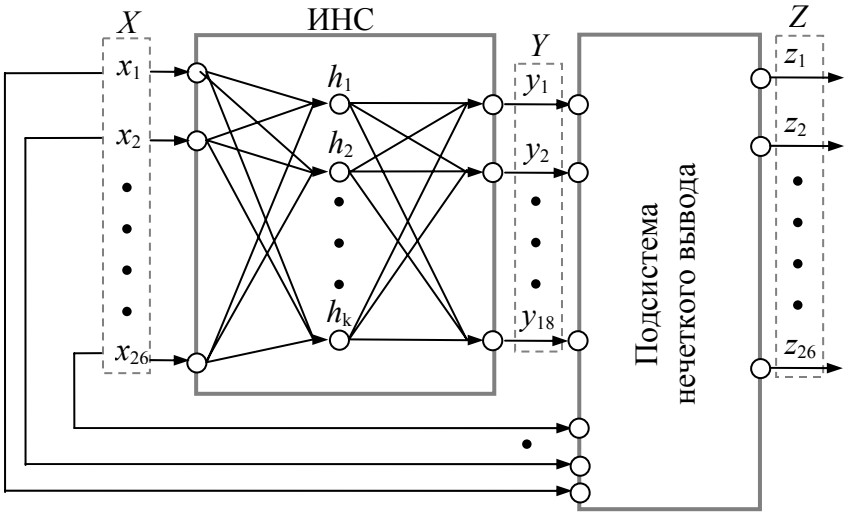


Рис. 2. Схема интеллектуальной системы принятия решения по диагностике неисправностей ГПА.

$X = \{x_1, \dots, x_{26}\}$ – входной вектор системы, содержащий числовые значения параметров ГПА;

$h_1, \dots, h_k$– нейроны скрытого слоя ИНС;

$Y = \{y_1, \dots, y_{18}\}$– выходной вектор ИНС и входной вектор подсистемы нечеткого вывода, содержащий степени уверенности в наличии характерных неисправностей;

$Z = \{z_1, \dots, z_{26}\}$– выходной вектор системы, содержащий степени уверенности в наличии причин неисправностей.

Степени уверенности в наличии неисправностей и их причин лежат на интервале [0;1], где 0 – самая низкая степень уверенности, 1 – самая высокая.

ИНС служит для выявления неисправностей на основе значений и динамики изменения параметров ГПА. Полученные степени уверенности в совокупности с уже поданными на вход ИНС параметрами используются подсистемой нечеткого вывода для выявления возможных причин возникновения неисправностей.

ИНС имеет структуру трехслойного персептрона, обученного алгоритмом обратного распространения ошибки. Обучающая выборка была составлена на основе норм технологического проектирования магистральных газопроводов [8] и мнений экспертов - специалистов по техническому обслуживанию ГПА.

Подсистема нечеткого вывода

Подсистема нечеткого вывода основана на использовании экспертных правил, использующих аппарат теории нечетких множеств. Структурная схема подсистемы представлена на рис. 3.

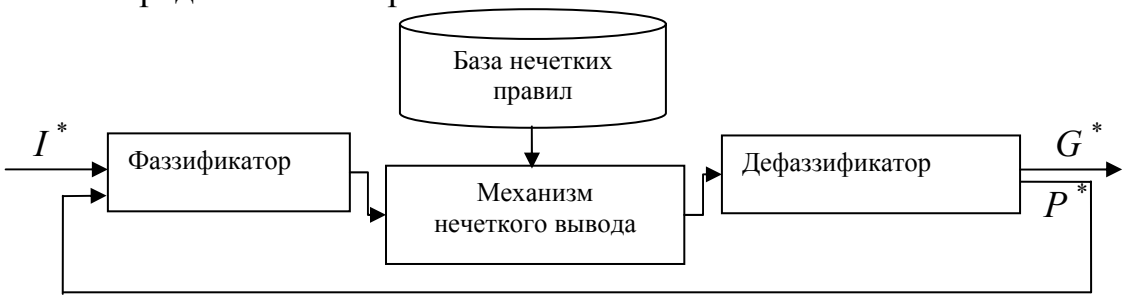


Рис. 3. Схема подсистемы нечеткого вывода

I^* - вектор входных числовых значений подсистемы;

G^* - вектор выходных числовых значений подсистемы;

P^* - вектор промежуточных числовых значений подсистемы.

Рассматриваемая база нечетких правил может быть представлена в виде

$$(V, I, G, P, R), \qquad (1)$$

где V - универсальное множество лингвистических переменных системы,

I - множество входных лингвистических переменных, $I \subset V$,

G - множество выходных лингвистических переменных, $G \subset V$,

P – множество промежуточных лингвистических переменных, $P \subset V$,

R - множество правил вида

$< r_j, u_j >$:

ЕСЛИ $v_{j,1}$ есть $t_{j,1}$ И ... И $v_{j,n-1}$ есть $t_{j,n-1}$

ТО $v_{i,n}$ есть $t_{i,n}$,

где r_j – уникальное имя правила,

u_j – лингвистическая степень уверенности в истинности правила r_j,

$v_{j,1}, \ldots v_{j,n-1}$ – входные лингвистические переменные для правила r_j,

$t_{j,1}, \ldots t_{j,n-1}$ – значения входных лингвистических переменных для правила r_j,

$v_{j,n}$ – выходная лингвистическая переменная для правила r_j,

$t_{j,n}$ – значение выходной лингвистической переменной для правила r_j.

Будем считать, что на вход подсистемы подается вектор I^* четких значений, соответствующих лингвистическим переменным множества I. Выходом подсистемы является вектор G^* четких значений, соответствующих лингвистическим переменным множества G.

Утверждением будем считать пару

$$<v_m, t_{m,k}>, \qquad (2)$$

где $v_m \in V$ - лингвистическая переменная,

$t_{m,k} \in T(v_m)$ - значение лингвистической переменной.

Каждому утверждению в соответствие поставлена нечеткая переменная $f_{m,k}$.

Будем считать входными правила $r_j \in R$, в левой части которых содержатся только те утверждения, которые содержат входные лингвистические переменные.

В ходе консультаций с экспертами было определено множество $T = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5\}$ (t_1 – “очень низкое“, t_2 – “низкое“, t_3 – “среднее“, t_4 – “высокое“, t_5 – “очень высокое“) лингвистических значений, связанных с числовыми значениями параметров функциями принадлежности. Кроме того, были определены исключительные ситуации, когда значением лингвистической переменной является не выражение на естественном языке, а утверждение вида “$x_i > b_i$” или ”$x_i < b_i$”, где x_i – числовое значение параметра, b_i- определенная экспертом верхняя или нижняя граница параметра, допускаемая технической документацией.

Было сформировано множество правил R, примеры которых приведены ниже.

r_{15}: ЕСЛИ <отклонение давления за ТНД №1> <очень высокое>
И <отклонение давления за ТНД№2> <очень высокое>
ТО <загрязнение проточной части компрессора> <высокое>

r_{27}: ЕСЛИ <колебание температуры за нагнетателем> <высокое>
И <колебание температуры перед нагнетателем> <высокое>
ТО <повышение вибрации> <высокое>

Алгоритм нечеткого вывода

Шаг 1. Для каждого входного правила r_j вычисляются значения истинности всех утверждений

$$\delta_{j,q} = \mu_{j,q}\left(v^*_{j,q}\right),\ q = \overline{1, n-1}, \tag{3}$$

где $v^*_{j,q}$ - четкое значение, соответствующее лингвистической переменной $v_{j,q}$ в левой части правила r_j.

Шаг 2. Для каждого входного правила r_j вычисляется уровень отсечения

$$\beta\left(< v_{j,n}, t_{j,n} >\right) = \sqrt[n-1]{\prod_{q=1}^{n-1} \delta_{j,q}} \tag{4}$$

Шаг 3. Для каждого входного правила r_j формируется усеченная функция принадлежности нечеткой переменной в правой части правила

$$\mu'_{f_{m,k}}(x) = \\ = \mu_{f_{m,k}}(x) \cdot \min_j \beta\left(< v_{j,n}, t_{j,n} >\right) \cdot \mu_u\left(u_j\right), \tag{5}$$

где пара $< v_{j,n}, t_{j,n} >$ соответствует нечеткой переменной $f_{m,k}$,
$\mu_u\left(u_j\right)$ - значение функции принадлежности степеней уверенности.

Шаг 4. Для каждой лингвистической переменной $v_m \in V$, стоящей в правой части хотя бы одного входного правила r_j, формируется результирующая функция принадлежности

$$\mu_{v_m}(x) = \max_k \mu'_{f_{m,k}}(x), \qquad (6)$$

Шаг 5. Для каждой лингвистической переменной $v_m = v_{j,n} \in V$, стоящей в правой части каждого входного правила r_j, вычисляется четкое значение

$$v_m^* = \frac{\int_X x \cdot \mu_{v_m}(x)\,dx}{\int_X \mu_{v_m}(x)\,dx}, \qquad (7)$$

Шаг 6. Шаги 1-5 повторяются для каждого правила $r_j \in R$ до тех пор, пока не будут вычислены четкие значения, соответствующие каждой выходной лингвистической переменной. Полученные четкие значения формируют выходной вектор G^*.

Таким образом, подсистема нечеткого вывода позволяет на основе параметров ГПА и степеней уверенности в наличии определенного вида неисправностей получить степени уверенности в характерных эксплуатационных или иных причинах отказов.

Заключение

Сложность ГПА как объекта исследования не позволяет получить универсальное решение, что вызывает трудности при разработке алгоритмов диагностики неисправностей и требует сочетания различных методик и подходов. В статье показана возможность использования интеллектуальных методов для решения проблемы диагностики неисправностей ГПА на основе программной системы GAZDETECT, позволяющей на основе параметров агрегата своевременно обнаруживать характерные отказы в работе устройства, что приводит к повышению безопасности труда, обеспечивает своевременный ремонт и техническое обслуживание установки. Кроме того, установление причин неисправности повышает вероятность устранения допущенных в ходе эксплуатации нарушений или обнаружения заводских и иных дефектов в деталях оборудования.

Литература

1. Грачев В.А., Зарицкий С.П., Детков А.Ю., Мокроусов С.Н. Диагностическое обслуживание трубопроводной арматуры на предприятиях ОАО «Газпром» // Безопасность труда в промышленности. 2006. №12. С. 54-59.

2. Кокорев Е.Н., Иванов А.П., Серебрянский А.Я., Иванов В.А. Программная система моделирования режима работы сетей газоснабжения городов и населенных пунктов // Безопасность труда в промышленности. 2001. №4. С. 34-35.

3. Острейковский В.А., Силин Я.В. Применение методов теории катастроф к оценке надежности нефтепромысловых трубопроводов // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2011. №11. С. 29-33.

4. Ларин Е.А. Вероятностная модель расчета показателей надежности теплофикационных парогазовых установок в системах теплоэнергоснабжения // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2010. №9-10. С. 111-122.

5. Семенов А.А. Комплексный анализ работоспособности газоперекачивающих агрегатов на основе прогноза остаточного ресурса: дис. канд. техн. наук. / ТюмГНУ. – М., 2004 – 134 с.

6. Стребков А., Басманов М., Меньшиков С., Морозов И. Система параметрической диагностики газоперекачивающих агрегатов: современный подход // Деловая Россия: промышленность, транспорт, социальная жизнь. 2011. №7. С. 42-43.

7. Долинина О.Н., Каримов Р.Н. Методы обработки многомерных данных объектов числовой и нечисловой природы // Вестник СГТУ. 2006. №2(12). С. 100-110.

8. Сафонов В.С., Леонтьев Е.В., Щуровский В.А. Нормы технологического проектирования магистральных газопроводов // ОАО «Газпром», 2005.

9. Антропов П.Г., Замоторин В.Н., Захаров В.Н. и др. Учеб. пос. для подготовки и повышения квалификации рабочих и специалистов службы ГКС. – ЮгТрансгаз, Петровск, 2000. – 145 с.

Л.Э. Вилоп

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОГРЕШНОСТЕЙ ТИПОВЫХ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Метрологическая аттестация любого измерительного устройства заключается в определении его метрологических характеристик, включающих в себя функцию преобразования, необходимую для определения значения измеряемой величины при проведении измерений, и точностных характеристик, необходимых для определения возможной погрешности измерения.

В отличие от оценки результата измерения, которая при многократных измерениях может включать в себя среднее значение получаемых результатов и характеристики, показывающие степень отклонений получаемых результатов от этого среднего значения (например, среднеквадратическое отклонение), к точностным характеристикам средства измерения, будь то измерительный прибор, измерительная система или мера физической величины, правомерно отно-

сить только предельные значения возможной погрешности, которую данное средство измерения может внести в результат измерения.

Это обусловлено тем, что пользователя средства измерения, как правило, интересует только максимальное отклонение полученного результата от его истинного значения. Это истинное значение при корректной процедуре метрологической аттестации или поверки используемого средства измерения не может находиться вне интервала получаемых результатов, ограниченного предельными значениями погрешности, которую данное, конкретное средство измерения может внести в получаемый результат.

В отличие от основной погрешности, составляющие которой (погрешность используемой при градуировке меры, погрешность аппроксимации при нелинейной функции преобразования, случайная и вариационная погрешности) определяются по результатам градуировки, экспериментальное определение дополнительной погрешности представляется весьма проблематичным. Так как в конкретном экземпляре средства измерения может подобраться такое сочетание параметров элементов, которое даст заниженное (а то и нулевое) значение дополнительной погрешности. Поэтому, если средство измерения планируется изготовить не в единичном экземпляре, то теоретический расчёт предельного значения дополнительной погрешности обязателен.

Для его выполнения необходимы аналитическое выражение функции преобразования, включающее в себя параметры элементов, вызывающие при изменениях погрешность преобразования, и паспортные значения коэффициента влияния дестабилизирующего фактора, например температуры окружающей среды, на конкретный параметр элемента.

Практика показывает, что определение составляющих дополнительной температурной погрешности большинства используемых в измерительных системах функциональных узлов может производиться по очень простым аналитическим выражениям. Это позволяет выполнять не только экспресс-анализ при разработке измерительной системы, но и оценивать потенциальные возможности того или иного средства измерения при эксплуатации в широком диапазоне температур окружающей среды.

Очевидно, что все эти функциональные узлы являются аналоговыми, и в большинстве современных измерительных систем представляют собой усилители измерительного сигнала и источники питания электронных схем и измерительных цепей, а также источники опорного напряжения аналого-цифровых преобразователей.

Несложно показать, что максимально возможная относительная мультипликативная температурная погрешность неинвертирующего усилителя на операционном усилителе при использовании в нём однотипных резисторов определяется выражением:

$$\delta_{S_R\,max} = \pm 2 \cdot ТКС \cdot \Delta\Theta_{окр.ср},$$

где $ТКС$ - паспортное значение температурного коэффициента сопротивления

используемых в усилителе резисторов;
$\Delta\Theta_{окр.ср}$ – максимально возможное изменение температуры окружающей среды.

Таким же выражением определяется максимально возможное изменение коэффициента передачи резистивного делителя напряжения.

Из приведённой формулы следует, что предельная относительная температурная нестабильность не зависит от сопротивления используемых резисторов, а определяется только их типом (значением ТКС). Паспортное значение ТКС резисторов общего применения не превышает $\pm 10^{-3}\ 1/^{o}C$, для прецизионных резисторов это значение составляет $\pm 25 \cdot 10^{-6}\ 1/^{o}C$.

То есть при изменении температуры окружающей среды на $10^{o}C$ значение мультипликативной погрешности, вносимой в результат измерения неинвертирующим усилителем или резистивным делителем напряжения на резисторах общего применения, может достигать $\pm 2\%$ и $\pm 0{,}025\%$ на прецизионных резисторах.

Для предельного значения относительной мультипликативной температурной погрешности широко используемого в измерительных системах инструментального усилителя можно записать:

$$\delta_{S_R\,max} = \pm 4 \cdot ТКС \cdot \Delta\Theta_{окр.ср}$$

Такими же простыми выражениями определяются предельные значения относительных аддитивных погрешностей, приведённых к диапазону изменения сигнала в месте возникновения погрешности.

А.И. Заико

АЛГОРИТМЫ ИЗМЕРЕНИЙ МОМЕНТОВ ЭРГОДИЧЕСКИХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Статья является продолжением публикаций [1, 2]. В ней приводятся алгоритмы аналоговых и цифровых измерений моментных и спектральных характеристик, указаны математические ожидания и корреляционные функции погрешностей этих алгоритмов с применением комплексного подхода к их определению [3, 4, 5].

Оценка математического ожидания, математическое ожидание и корреляционная функция её погрешности:

$$\langle m_x \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} X \langle w_1[X] \rangle dX = \frac{1}{2T} \int_{-T}^{T} \left[\langle x(t) \rangle - m_д \right] dt = \frac{1}{2nT_0} \sum_{i=-n}^{n-1} \int_{t_i}^{t_i+T_0} m(t; x_{-nk}, ..., x_{nr}) dt;$$

$$m_{дm} = \int_{-\infty}^{\infty} X m_{дw}(X) dX = \frac{1}{2T} \int_{-T}^{T} \left[\langle x(t) \rangle - m_д - m_x \right] dt = \frac{1}{2nT_0} \sum_{i=-n}^{n-1} \int_{t_i}^{t_i+T_0} \left[m(t; x_{-nk}, ..., x_{nr}) - m_x \right] dt;$$

$$R_{дт} = D_{дт} = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} X_1 X_2 R_{дw}(X_1, X_2) dX_1 dX_2 = \frac{1}{4T^2}\int_{-T}^{T}\int_{-T}^{T} R_д(t_1, t_2) dt_1 dt_2 =$$

$$= \frac{1}{4n^2 T_0^2}\sum_{i=-n}^{n-1}\sum_{u=-n}^{n-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\int_{t_u}^{t_u+T_0} R_д(t_1, t_2; x_{-nk}, ..., x_{nr}) dt,$$

где $m_д$ – математическое значение погрешности измерения реализации $x(t)$ процесса; $m(t; x_{-nk}, ..., x_{nr})$ – математическое ожидание реализации процесса в момент времени t, восстановленной по отсчетам $x_{-nk}, ..., x_{nr}$.

Оценка дисперсии, математическое ожидание и корреляционная функция её погрешности:

$$\langle D_x \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} (X - m_x)^2 \langle w_1[X] \rangle dX = \frac{1}{2T}\int_{-T}^{T}\left\{\left[\langle x(t) \rangle - m_д - m_x\right]^2 + D_д\right\} dt =$$

$$= \frac{1}{2nT_0}\sum_{i=-n}^{n-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\left\{\left[m(t; x_{-nk}, ..., x_{nr}) - m_x\right]^2 + D_д(t; x_{-nk}, ..., x_{nr})\right\} dt;$$

$$m_{дD} = \int_{-\infty}^{\infty} (X - m_x)^2 m_{дw}(X) dX = \frac{1}{2T}\int_{-T}^{T}\left\{\left[\langle x(t) \rangle - m_д - m_x\right]^2 + D_д - D_x\right\} dt =$$

$$= \frac{1}{2nT_0}\sum_{i=-n}^{n-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\left\{\left[m(t; x_{-nk}, ..., x_{nr}) - m_x\right]^2 + D_д(t; x_{-nk}, ..., x_{nr}) - D_x\right\} dt;$$

$$R_{дD} = D_{дD} = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} (X_1 - m_x)^2 (X_2 - m_x)^2 R_{дw}(X_1, X_2) dX_1 dX_2 =$$

$$= \frac{1}{4T^2}\int_{-T}^{T}\int_{-T}^{T}\left\{m^{2\times 2}\left[\langle x(t_1) \rangle, \langle x(t_2) \rangle\right] - \left[\langle x(t_1) \rangle - m_д\right]^2 \left[\langle x(t_2) \rangle - m_д\right]^2\right\} dt_1 dt_2 =$$

$$= \frac{1}{4n^2 T_0^2}\sum_{i=-n}^{n-1}\sum_{u=-n}^{n-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\int_{t_u}^{t_u+T_0}\left\{m^{2\times 2}(t_1, t_2; x_{-nk}, .., x_{nr}) - m^2(t_1; x_{-nk}, .., x_{nr}) m^2(t_2; x_{-nk}, .., x_{nr})\right\} dt_1 dt_2,$$

где $D_д$ – дисперсия погрешности измерения реализации процесса; $D_д(t; x_{-nk}, ..., x_{nr})$ – дисперсия погрешности измерения реализации процесса в момент времени t, восстановленной по отсчетам $x_{-nk}, ..., x_{nr}$; $m^{2\times 2}\left[\langle x(t_1) \rangle, \langle x(t_2) \rangle\right]$ и $m^{2\times 2}(t_1, t_2; x_{-nk}, .., x_{nr})$ – начальные моменты четвёртого порядка от произведения квадратов реализаций процесса, восстановленных в моменты времени t_1 и t_2 соответственно по оценкам $\langle x(t) \rangle$ и отсчетам $x_{-nk}, ..., x_{nr}$.

Оценка корреляционной функции, математическое ожидание и корреляционная функция её погрешности:

$$\langle R_x(\text{ф})\rangle = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}(X_1 - m_x)(X_2 - m_x)\langle w_2[X_1; X_2, \text{ф}]\rangle dX_1 dX_2 =$$

$$= \frac{1}{2T - |\text{ф}|}\int_{-T}^{T-|\text{ф}|}\left\{\left[\langle x(t)\rangle - m_{\text{д}} - m_x\right]\left[\langle x(t+|\text{ф}|)\rangle - m_{\text{д}} - m_x\right] + R_{\text{д}}(\text{ф})\right\}dt =$$

$$= \frac{1}{(2n - \text{м})T_0}\sum_{i=-n}^{n-\mu-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\left\{\left[m(t; x_{-nk},...,x_{nr}) - m_x\right]\left[m(t+|\text{ф}|; x_{-nk},...,x_{nr}) - m_x\right] + \right.$$

$$\left. + R_{\text{д}}(t, t+|\text{ф}|; x_{-nk},...,x_{nr})\right\}dt;$$

$$m_{\text{д}R}(\text{ф}) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}(X_1 - m_x)(X_2 - m_x)m_{\text{д}w}(X_1; X_2, \text{ф})dX_1 dX_2 =$$

$$= \frac{1}{2T - |\text{ф}|}\int_{-T}^{T-|\text{ф}|}\left\{\left[\langle x(t)\rangle - m_{\text{д}} - m_x\right]\left[\langle x(t+|\text{ф}|)\rangle - m_{\text{д}} - m_x\right] + R_{\text{д}}(\text{ф}) - R_x(\text{ф})\right\}dt =$$

$$= \frac{1}{(2n - \text{м})T_0}\sum_{i=-n}^{n-\mu-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\left\{\left[m(t; x_{-nk},...,x_{nr}) - m_x\right]\left[m(t+|\text{ф}|; x_{-nk},...,x_{nr}) - m_x\right] + \right.$$

$$\left. + R_{\text{д}}(t, t+|\text{ф}|; x_{-nk},...,x_{nr}) - R_x(\text{ф})\right\}dt;$$

$$R_{\text{д}R}(\text{ф}_1, \text{ф}_2) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}(X_{11} - m_x)(X_{21} - m_x)(X_{12} - m_x)(X_{22} - m_x)\times$$

$$\times R_{\text{д}w}(X_{11}; X_{21}, \text{ф}_1; X_{12}; X_{22}, \text{ф}_2)dX_{11}dX_{21}dX_{12}dX_{22} =$$

$$= \frac{1}{(2T - |\text{ф}_1|)(2T - |\text{ф}_2|)}\int_{-T}^{T-|\text{ф}_1|}\int_{-T}^{T-|\text{ф}_2|}\left\{m^4\left[\langle x(t_1)\rangle, \langle x(t_1+|\text{ф}_1|)\rangle, \langle x(t_2)\rangle, \langle x(t_2+|\text{ф}_2|)\rangle\right] - \right.$$

$$\left. - \left[\langle x(t_1)\rangle - m_{\text{д}}\right]\left[\langle x(t_1+|\text{ф}_1|)\rangle - m_{\text{д}}\right]\left[\langle x(t_2)\rangle - m_{\text{д}}\right]\left[\langle x(t_2+|\text{ф}_2|)\rangle - m_{\text{д}}\right]\right\}dt_1 dt_2 =$$

$$= \frac{1}{(2n - \text{м}_1)(2n - \text{м}_2)T_0^2}\sum_{i=-n}^{n-\text{м}_1-1}\sum_{u=-n}^{u-\text{м}_2-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\int_{t_u}^{t_u+T_0}\left\{m^4(t_1, t_1+|\text{ф}_1|, t_2, t_2+|\text{ф}_2|; x_{-nk},...,x_{nr}) - \right.$$

$$\left. - m^2(t_1, t_1+|\text{ф}_1|; x_{-nk},...,x_{nr})m^2(t_2, t_2+|\text{ф}_2|; x_{-nk},...,x_{nr})\right\}dt_1 dt_2,$$

где $R_{\text{д}}(\text{ф})$ – корреляционная функция погрешности измерения реализации процесса; $R_{\text{д}}(t_1, t_2; x_{-nk},...,x_{nr})$ – корреляционная функция погрешности измерения реализации процесса, восстановленной по отсчетам $x_{-nk},...,x_{nr}$; $m^4\left[\langle x(t_1)\rangle, \langle x(t_1+|\text{ф}_1|)\rangle, \langle x(t_2)\rangle, \langle x(t_2+|\text{ф}_2|)\rangle\right]$ и $m^4(t_1, t_1+|\text{ф}_1|, t_2, t_2+|\text{ф}_2|; x_{-nk},...,x_{nr})$ –

начальные моменты четвёртого порядка от произведения реализаций процесса, восстановленных в моменты времени $t_1, t_1+|\phi_1|, t_2, t_2+|\phi_2|$ соответственно по оценкам $\langle x(t_1)\rangle, \langle x(t_1+|\phi_1|)\rangle, \langle x(t_2)\rangle, \langle x(t_2+|\phi_2|)\rangle$ и отсчетам $x_{-nk},...,x_{nr}$.

Оценка ковариационной функции, математическое ожидание и корреляционная функция её погрешности:

$$\langle B_x(\phi)\rangle = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} X_1 X_2 \langle w_2[X_1; X_2, \phi]\rangle dX_1 dX_2 =$$

$$= \frac{1}{2T-|\phi|}\int_{-T}^{T-|\phi|}\left[\left[\langle x(t)\rangle - m_д\right]\left[\langle x(t+|\phi|)\rangle - m_д\right] + R_д(\phi)\right]dt =$$

$$= \frac{1}{(2n-м)T_0}\sum_{i=-n}^{n-м-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\left\{m(t; x_{-nk},...,x_{nr})m(t+|\phi|; x_{-nk},...,x_{nr}) + R_д(t, t+|\phi|; x_{-nk},...,x_{nr})\right\}dt;$$

$$m_{дB}(\phi) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} X_1 X_2 m_{дw}(X_1; X_2, \phi) dX_1 dX_2 =$$

$$= \frac{1}{2T-|\phi|}\int_{-T}^{T-|\phi|}\left[\left[\langle x(t)\rangle - m_д\right]\left[\langle x(t+|\phi|)\rangle - m_д\right] + R_д(\phi) - B_x(\phi)\right]dt =$$

$$= \frac{1}{(2n-м)T_0}\sum_{i=-n}^{n-м-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\left\{m(t; x_{-nk},...,x_{nr})m(t+|\phi|; x_{-nk},...,x_{nr}) + \right.$$

$$\left. + R_д(t, t+|\phi|; x_{-nk},...,x_{nr}) - B_x(\phi)\right\}dt;$$

$$R_{дB}(\phi_1,\phi_2) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} X_{11}X_{21}X_{12}X_{22}R_{дw}(X_{11}; X_{21}, \phi_1; X_{12}; X_{22}, \phi_2) dX_{11}dX_{21}dX_{12}dX_{22} =$$

$$= \frac{1}{(2T-|\phi_1|)(2T-|\phi_2|)}\int_{-T}^{T-|\phi_1|}\int_{-T}^{T-|\phi_2|}\left\{m^4\left[\langle x(t_1)\rangle, \langle x(t_1+|\phi_1|)\rangle, \langle x(t_2)\rangle, \langle x(t_2+|\phi_2|)\rangle\right] - \right.$$

$$\left. - \left[\langle x(t_1)\rangle - m_д\right]\left[\langle x(t_1+|\phi_1|)\rangle - m_д\right]\left[\langle x(t_2)\rangle - m_д\right]\left[\langle x(t_2+|\phi_2|)\rangle - m_д\right]\right\}dt_1 dt_2 =$$

$$= \frac{1}{(2n-м_1)(2n-м_2)T_0^2}\sum_{i=-n}^{n-м_1-1}\sum_{u=-n}^{u-м_2-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\int_{t_u}^{t_u+T_0}\left\{m^4(t_1, t_1+|\phi_1|, t_2, t_2+|\phi_2|; x_{-nk},.., x_{nr}) - \right.$$

$$\left. - m^2(t_1, t_1+|\phi_1|; x_{-nk},.., x_{nr})m^2(t_2, t_2+|\phi_2|; x_{-nk},.., x_{nr})\right\}dt_1 dt_2.$$

Оценка взаимной корреляционной функции совместно эргодических процессов, математическое ожидание и корреляционная функция её погрешности:

$$\left\langle R_{xy}(\phi)\right\rangle = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}(X-m_x)(Y-m_y)\left\langle w_2[X;Y,\phi]\right\rangle dXdY =$$

$$= \frac{1}{2T-|\tau|}\int_{-T}^{T-|\tau|}\left\{\left[\left\langle x(t)\right\rangle - m_{дх} - m_x\right]\left[\left\langle y(t+|\phi|)\right\rangle - m_{ду} - m_y\right] + R_{дхду}(\phi)\right\}dt =$$

$$= \frac{1}{(2n-м)T_0}\sum_{i=-n}^{n-м-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\left\{\left[m(t;x_{-nk},...,x_{nr}) - m_x\right]\left[\left\langle m(t+|\phi|;y_{-ng},...,y_{nq})\right\rangle - m_y\right] + \right.$$

$$\left. + R_{дхду}(t,t+|\phi|;x_{-nk},...,x_{nr},y_{-ng},...,y_{nq})\right\}dt;$$

$$m_{дRxy}(\phi) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}(X-m_x)(Y-m_y)m_{дw}(X;Y,\phi)dXdY =$$

$$= \frac{1}{2T-|\tau|}\int_{-T}^{T-|\phi|}\left\{\left[\left\langle x(t)\right\rangle - m_{дх} - m_x\right]\left[\left\langle y(t+|\phi|)\right\rangle - m_{ду} - m_y\right] + R_{дхду}(\phi) - R_{xy}(\phi)\right\}dt =$$

$$= \frac{1}{(2n-м)T_0}\sum_{i=-n}^{n-м-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\left\{\left[m(t;x_{-nk},...,x_{nr}) - m_x\right]\left[m(t+|\phi|;y_{-ng},...,y_{nq}) - m_y\right] + \right.$$

$$\left. + R_{дхду}(t,t+|\phi|;x_{-nk},...,x_{nr},y_{-ng},...,y_{nq}) - R_{xy}(\phi)\right\}dt;$$

$$R_{дRxy}(\tau_1,\tau_2) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}(X_1-m_x)(Y_1-m_y)(X_2-m_x)(Y_2-m_y)R_{дw}(X_1;Y_1,\phi_1;X_2;Y_2,\phi_2)dX_1dY_1dX_2dY_2 =$$

$$= \frac{1}{(2T-|\phi_1|)(2T-|\phi_2|)}\int_{-T}^{T-|\phi_1|}\int_{-T}^{T-|\phi_2|}\left\{m^4\left[\left\langle x(t_1)\right\rangle,\left\langle y(t_1+|\phi_1|)\right\rangle,\left\langle x(t_2)\right\rangle,\left\langle y(t_2+|\phi_2|)\right\rangle\right] - \right.$$

$$\left. - \left[\left\langle x(t_1)\right\rangle - m_{дх}\right]\left[\left\langle x(t_1+|\phi_1|)\right\rangle - m_{дх}\right]\left[\left\langle y(t_2)\right\rangle - m_{ду}\right]\left[\left\langle y(t_2+|\phi_2|)\right\rangle - m_{ду}\right]\right\}dt_1dt_2 =$$

$$= \frac{1}{(2n-м_1)(2n-м_2)T_0^2}\sum_{i=-n}^{n-м_1-1}\sum_{u=-n}^{u-м_2-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\int_{t_u}^{t_u+T_0}\left\{m^4\left[t_1,t_1+|\phi_1|,t_2,t_2+|\phi_2|;x_{-nk},...,x_{nr},y_{-ng},...,y_{nq}\right] - \right.$$

$$\left. - m^2\left[t_1,t_1+|\phi_1|;x_{-nk},...,x_{nr},y_{-ng},...,y_{nq}\right]m^2\left[t_2,t_2+|\phi_2|;x_{-nk},...,x_{nr},y_{-ng},...,y_{nq}\right]\right\}dt_1dt_2,$$

где $R_{дхду}(\phi)$ и $R_{дхду}(t,t+|\phi|;x_{-nk},...,x_{nr},y_{-ng},...,y_{nq})$ – взаимные корреляционные функция погрешнстей аналоговых и цифровых измерений $x(t)$ и $y(t+|\phi|)$.

Оценка взаимной ковариационной функции совместно эргодических процессов, математическое ожидание и корреляционная функция её погрешности:

$$\left\langle B_{xy}(\phi)\right\rangle = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}XY\left\langle w_2[X;Y,\phi]\right\rangle dXdY =$$

$$= \frac{1}{2T-|\tau|}\int_{-T}^{T-|\phi|}\left\{\left[\left\langle x(t)\right\rangle - m_{дх}\right]\left[\left\langle y(t+|\tau|)\right\rangle - m_{ду}\right] + R_{дхду}(\tau)\right\}dt =$$

$$= \frac{1}{(2n-м)T_0}\sum_{i=-n}^{n-м-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\left\{m(t;x_{-nk},...,x_{nr})m(t+|\phi|;y_{-ng},...,y_{nq}) + \right.$$

$$\left. + R_{дхду}(t,t+|\phi|;x_{-nk},...,x_{nr},y_{-ng},...,y_{nq})\right\}dt;$$

$$m_{дBxy}(ф) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} XY m_{дw}(X;Y,ф)dXdY =$$

$$= \frac{1}{2T-|ф|}\int_{-T}^{T-|ф|}\left\{\left[\langle x(t)\rangle - m_{дx}\right]\left[\langle y(t+|ф|)\rangle - m_{дy}\right] + R_{дxдy}(ф) - B_{xy}(ф)\right\}dt =$$

$$= \frac{1}{(2n-м)T_0}\sum_{i=-n}^{n-м-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\left\{m(t+|ф|; y_{-nk},...,y_{nr})m(t+|ф|; y_{-ng},...,y_{nq}) + \right.$$

$$\left. + R_{дxдy}(t, t+|ф|; x_{-nk},...,x_{nr}, y_{-ng},...,y_{nq}) - B_{xy}(ф)\right\}dt;$$

$$R_{дBxy}(\tau_1,\tau_2) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} X_1Y_1X_2Y_2R_{дw}(X_1;Y_1,ф_1;X_2;Y_2,ф_2)dX_1dY_1dX_2dY_2 =$$

$$= \frac{1}{(2T-|ф_1|)(2T-|ф_2|)}\int_{-T}^{T-|ф_1|}\int_{-T}^{T-|ф_2|}\left\{m^4\left[\langle x(t_1)\rangle, \langle y(t_1+|ф_1|)\rangle, \langle x(t_2)\rangle, \langle y(t_2+|ф_2|)\rangle\right] - \right.$$

$$\left. - \left[\langle x(t_1)\rangle - m_{дx}\right]\left[\langle y(t_1+|ф_1|)\rangle - m_{дy}\right]\left[\langle x(t_2)\rangle - m_{дx}\right]\left[\langle y(t_2+|ф_2|)\rangle - m_{дy}\right]\right\}dt_1dt_2 =$$

$$= \frac{1}{(2n-м_1)(2n-м_2)T_0^2}\sum_{i=-n}^{n-м_1-1}\sum_{u=-n}^{u-м_2-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\int_{t_u}^{t_u+T_0}\left\{m^4\left[t_1, t_1+|ф_1|, t_2, t_2+|ф_2|; x_{-nk},...,x_{nr}, y_{-ng},...,y_{nq}\right] - \right.$$

$$\left. - m^2\left[t_1, t_1+|ф_1|; x_{-nk},...,x_{nr}, y_{-ng},...,y_{nq}\right]m^2\left[t_2, t_2+|ф_2|; x_{-nk},...,x_{nr}, y_{-ng},...,y_{nq}\right]\right\}dt_1dt_2.$$

Оценка спектральной плотности мощности, математическое ожидание и корреляционная функция её погрешности:

$$\langle S_x(щ)\rangle = \int_{-\infty}^{\infty}\langle B_x(ф)\rangle e^{-jщф}dф;$$

$$m_{дS}(щ) = \int_{-\infty}^{\infty} m_{дB}(ф)e^{-jщф}dф = \int_{-\infty}^{\infty}\left[\langle B_x(ф)\rangle - B_x(ф)\right]e^{-jщф}dф;$$

$$R_{дS}(\omega_1,\omega_2) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} R_{дB}(\tau_1,\tau_2)e^{-j(щ_1ф_1+щ_2ф_2)}d\tau_1d\tau_2.$$

Оценка взаимной спектральной плотности мощности совместно эргодических процессов, математическое ожидание и корреляционная функция её погрешности:

$$\langle S_{xy}(щ)\rangle = \int_{-\infty}^{\infty}\langle B_{xy}(ф)\rangle e^{-jщф}dф;$$

$$m_{дSxy}(щ) = \int_{-\infty}^{\infty} m_{дBxy}(\tau)e^{-jщф}dф = \int_{-\infty}^{\infty}\left[\langle B_{xy}(ф)\rangle - B_{xy}(ф)\right]e^{-jщф}dф;$$

$$R_{дSxy}(\omega_1,\omega_2) = \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty} R_{дBxy}(\tau_1,\tau_2)e^{-j(щ_1ф_1+щ_2ф_2)}d\tau_1d\tau_2.$$

Полученные на основе комплексного подхода математические ожидания и корреляционные функции погрешностей измерений математических ожиданий, корреляционных функций и спектральных характеристик эргодического процесса позволяют адекватно, во взаимодействии между собой учесть влияние конечной длительности и погрешностей реализации, а также влияние дискретизации во времени для аналоговых и цифровых измерений.

Литература

1. Заико А.И. Характеристики эргодических случайных процессов / Труды междунар. НТК «Перспективные технологии (ПИТ 2013)».–Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2013.– С. 50–53.

2. Заико А.И. Алгоритмы измерений распределений эргодических случайных процессов / Труды междунар. НТК «Перспективные технологии (ПИТ 2014)».–Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2014.– С. 50–53.

3. Заико А.И. Эргодические случайные процессы. Определения и алгоритмы измерения характеристик // Вестник УГАТУ.–2012.–№ 6(51) .–С. 74–85.

4. Заико А.И. Случайные процессы. Модели и измерения: учеб. пособие.–М.: Изд-во МАИ, 2006.– 297 с.

5. Заико А.И. Комплексный подход к определению погрешностей / А.И. Заико // Датчики и системы (ИКА) .–2007.–№ 8 (99). – С. 52–59.

А.И. Заико

АЛГОРИТМЫ ИЗМЕРЕНИЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЙ ЭРГОДИЧЕСКИХ СЛУЧАЙНЫХ ПРОЦЕССОВ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

В работах [1, 2] приведены известные и даны новые определения характеристик эргодических случайных процессов. Реальные алгоритмы измерения отличаются от этих определений конечной длительностью $2T$ и погрешностью измерения реализации $x(t)$. Поэтому результатами измерений являются оценки этих характеристик $\langle\bullet\rangle$, неточность которых характеризуется математическими ожиданиями $m_{д\bullet}(\bullet)$ и ковариационными функциями $R_{д\bullet}(\bullet)$ их погрешностей. Они по-разному учитываются при аналоговых и цифровых измерениях. Так, при аналоговых измерениях погрешность $д(t)=\langle x(t)\rangle - x(t)$, где $\langle x(t)\rangle$ – получаемая в результате измерения оценка реализации $x(t)$ длительности $2T$. При цифровых измерениях длительность измерения дискретна $2nT_0$, где T_0 – шаг равномерной дискретизации, а $2n$ – количество таких шагов. Погрешность цифровых измерений $д(t_i)=x_{il}-x(t_i)$, где x_{il} – цифровой отсчет, i – номер

измерения $(i=-n,...,-1,0,1,...,n)$; $l-$уровень квантования $(l=1,2,...g,...,k,..q,...,r,...)$ [3].

В докладе приводятся алгоритмы аналоговых и цифровых измерений распределений и характеристических функций, получены математические ожидания и корреляционные функций погрешностей этих алгоритмов с применением комплексного подхода к их нахождению [3, 4].

Оценка одномерного распределения вероятности

$$\langle W_1[X]\rangle=\int_{-\infty}^{X}\langle w_1[Z]\rangle dZ=\frac{1}{2T}\int_{-T}^{T}W_1\left[X\middle|\langle x(t)\rangle\right]dt=\frac{1}{2nT_0}\sum_{i=-n}^{n-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}W_1\left[X\middle|t;x_{-nk},...,x_{nr}\right]dt,$$

математическое ожидание $m_{дW}(X)$ и корреляционная функция $R_{дW}(X_1,X_2)$ её погрешности:

$$m_{\delta W}(X)=\int_{-\infty}^{X}m_{дw}(Z)dZ=\frac{1}{2T}\int_{-T}^{T}\left\{W_1\left[X\middle|\langle x(t)\rangle\right]-W_1[X]\right\}dt=\frac{1}{2nT_0}\sum_{i=-n}^{n-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\left\{W_1\left[X\middle|t;x_{-nk},...,x_{nr}\right]-W_1[X]\right\}dt;$$

$$R_{дW}(X_1,X_2)=\int_{-\infty}^{X_1}\int_{-\infty}^{X_2}R_{дw}(Z_1,Z_2)dZ_1dZ_2=$$

$$=\frac{1}{4T^2}\int_{-T}^{T}\int_{-T}^{T}\left\{W_2\left[X_1,X_2\middle|\langle x(t_1)\rangle,\langle x(t_2)\rangle\right]-W_1\left[X_1\middle|\langle x(t_1)\rangle\right]W_1\left[X_2\middle|\langle x(t_2)\rangle\right]\right\}dt=$$

$$=\frac{1}{4n^2T_0^2}\sum_{i=-n}^{n-1}\sum_{u=-n}^{n-1}\int_{i=-n}^{n-1}\int_{u=-n}^{n-1}\left\{W_2\left[X_1,X_2\middle|t_1,t_2;x_{-nk},...,x_{nr}\right]-\right.$$

$$\left.-W_1\left[X_1\middle|t_1;x_{-nk},...,x_{nr}\right]W_1\left[X_2\middle|t_2;x_{-nk},...,x_{nr}\right]\right\}dt,$$

где $W_1[X|\bullet]$ и $W_2[X_1,X_2|\bullet]-$одномерное и двумерное распределения вероятностей при известной оценке реализации, которая при аналоговых измерениях получается непосредственно, а при цифровых измерениях находится после восстановления её по дискретным отсчетам $x_{-nk},...,x_{nr}$.

Оценка двумерного распределения вероятности

$$\langle W_2[X_1;X_2,ф]\rangle=\int_{-\infty}^{X_1}\int_{-\infty}^{X_2}\langle w_2[Z_1;Z_2,ф]\rangle dZ_1dZ_2=\frac{1}{2T-|\tau|}\int_{-T}^{T-|ф|}W_2\left[X_1,X_2\middle|\langle x(t)\rangle,\langle x(t+|ф|)\rangle\right]dt=$$

$$=\frac{1}{(2n-м)T_0}\sum_{i=-n}^{n-м-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}W_2\left[X_1,X_2\middle|t,t+|ф|;x_{-nk},...,x_{nr}\right]dt,$$

где $м-$целая часть частного $|ф|/T_0$.

Математическое ожидание $m_{дW}(X_1;X_2,ф)$ и корреляционная функция $R_{дW}(X_{11};X_{21},\tau_1;X_{12};X_{22},\tau_2)$ её погрешности:

$$m_{дW}(X_1;X_2,ф)=\int_{-\infty}^{X_1}\int_{-\infty}^{X_2} m_{дw}(Z_1;Z_2,ф)dZ_1dZ_2=$$

$$=\frac{1}{2T-|ф|}\int_{-T}^{T-|ф|}\left\{W_2\left[X_1,X_2\left|\langle x(t)\rangle,\langle x(t+|ф|)\rangle\right.\right]-W_2[X_1;X_2,ф]\right\}dt=$$

$$=\frac{1}{(2n-м)T_0}\sum_{i=-n}^{n-м-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\left\{W_2\left[X_1,X_2\left|t,t+|ф|;x_{-nk},...,x_{nr}\right.\right]-W_2[X_1;X_2,ф]\right\}dt;$$

$$R_{дW}(X_{11};X_{21},ф_1;X_{12};X_{22},ф_2)=\int_{-\infty}^{X_{11}}\int_{-\infty}^{X_{21}}\int_{-\infty}^{X_{12}}\int_{-\infty}^{X_{22}}R_{дw}(Z_{11};Z_{21},ф_1;Z_{12};Z_{22},ф_2)dZ_{11}dZ_{21}dZ_{12}dZ_{22}=$$

$$=\frac{1}{(2T-|\tau_1|)(2T-|\tau_2|)}\int_{-T}^{T-|ф_1|}\int_{-T}^{T-|ф_2|}\left\{W_4\left[X_{11},X_{21},X_{12},X_{22}\left|\langle x(t_1)\rangle,\langle x(t_1+|\tau_1|)\rangle,\langle x(t_2)\rangle,\langle x(t_2+|\tau_2|)\rangle\right.\right]-\right.$$

$$\left.-W_2\left[X_{11},X_{21}\left|\langle x(t_1)\rangle,\langle x(t_1+|\tau_1|)\rangle\right.\right]W_2\left[X_{12},X_{22}\left|\langle x(t_2)\rangle,\langle x(t_2+|\tau_2|)\rangle\right.\right]\right\}dt_1dt_2=$$

$$=\frac{1}{(2n-м_1)(2n-м_2)T_0^2}\sum_{i=-n}^{n-м_1-1}\sum_{u=-n}^{n-м_2-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\int_{t_u}^{t_u+T_0}\left\{W_4\left[X_{11},X_{21},X_{12},X_{22}\left|t_1,t_1+|\tau_1|,t_2,t_2+|\tau_2|;x_{-nk},...,x_{nr}\right.\right]-\right.$$

$$\left.-W_2\left[X_{11},X_{21}\left|t_1,t_1+|\tau_1|;x_{-nk},...,x_{nr}\right.\right]W_2\left[X_{12},X_{22}\left|t_2,t_2+|\tau_2|;x_{-nk},...,x_{nr}\right.\right]\right\}dt_1dt_2,$$

где $W_4\left[X_{11},X_{21},X_{12},X_{22}\left|\bullet\right.\right]$ – четырёхмерное распределение вероятностей при известной оценке реализации.

Оценка n-мерного распределения вероятности

$$\langle W_n[X_1;X_2,ф_{12};...;X_n,ф_{1n}]\rangle=\int_{-\infty}^{X_1}...\int_{-\infty}^{X_n}\langle w_n[Z_1;Z_2,ф_{12};...;Z_n,ф_{1n}]\rangle dZ_1...dZ_n=$$

$$=\frac{1}{2T-|ф_{1n}|}\int_{-T}^{T-|ф_{1n}|}W_n\left[X_1,X_2,...,X_n\left|\langle x(t)\rangle,\langle x(t+|ф_{12}|)\rangle,...,\langle x(t+|ф_{1n}|)\rangle\right.\right]dt=$$

$$=\frac{1}{(2n-м_{1n})T_0}\sum_{i=-n}^{n-м_{1n}-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}W_n\left[X_1,X_2,...,X_n\left|t,t+|ф_{12}|,...,t+|ф_{1n}|;x_{-nk},...,x_{nr}\right.\right]dt,$$

где $W_n\left[X_1,X_2,...,X_n\left|\bullet\right.\right]$ – n-мерное условное распределение вероятностей.

Математическое ожидание $m_{дW}(X_1;X_2,\tau_{12};...;X_n,\tau_{1n})$ и корреляционная функция $R_{дW}(X_{11};X_{21},\tau_{12\cdot1};...;X_{n1},\tau_{1n\cdot1};X_{12};X_{22},\tau_{12\cdot2};...;X_{n2},\tau_{1n\cdot2})$ её погрешности:

$$m_{дW}(X_1;X_2,\tau_{12};...;X_n,\tau_{1n})=\int_{-\infty}^{X_1}...\int_{-\infty}^{X_n}m_{дw}(Z_1;Z_2,\tau_{12};...;Z_n,\tau_{1n})dZ_1...dZ_n=$$

$$=\frac{1}{2T-|ф_{1n}|}\int_{-T}^{T-|ф_{1n}|}\left\{\begin{array}{r}W_n\left[X_1,X_2,...,X_n\left|\langle x(t)\rangle,\langle x(t+|ф_{12}|)\rangle,...,\langle x(t+|ф_{1n}|)\rangle\right.\right]-\\-W_n[X_1;X_2,\tau_{12};...;X_n,\tau_{1n}]\end{array}\right\}dt=$$

$$=\frac{1}{(2n-м_{1n})T_0}\sum_{i=-n}^{n-м_{1n}-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\left\{\begin{array}{r}W_n\left[X_1,X_2,...,X_n\left|t,t+|ф_{12}|,...,t+|ф_{1n}|;x_{-nk},...,x_{nr}\right.\right]-\\-W_n[X_1;X_2,\tau_{12};...;X_n,\tau_{1n}]\end{array}\right\}dt;$$

$$R_{дW}\left(X_{11};X_{21},\tau_{12\cdot1};...;X_{n1},\tau_{1n\cdot1};X_{12};X_{22},\tau_{12\cdot2};...;X_{n2},\tau_{1n\cdot2}\right)=\int_{-\infty}^{X_{11}}...\int_{-\infty}^{X_{n1}}\int_{-\infty}^{X_{12}}...\int_{-\infty}^{X_{n2}}\times$$

$$\times R_{дw}\left(Z_{11};Z_{21},\tau_{12\cdot1};..;Z_{n1},\tau_{1n\cdot1};Z_{12};Z_{22},\tau_{12\cdot2};..;Z_{n2},\tau_{1n\cdot2}\right)dZ_{11}..dZ_{n1}dZ_{12}..dZ_{n2}=$$

$$=\frac{1}{\left(2T-|\phi_{1n\cdot1}|\right)\left(2T-|\phi_{1n\cdot2}|\right)}\int_{-T}^{T-|\phi_{1n\cdot1}|}\int_{-T}^{T-|\phi_{1n\cdot2}|}\Big\{W_{2n}\Big[X_{11},X_{21},...,X_{n1},X_{12},X_{22},...,X_{n2}\Big|$$

$$\Big|\langle x(t_1)\rangle,\langle x(t_1+|\phi_{12\cdot1}|)\rangle,..,\langle x(t_1+|\phi_{1n\cdot1}|)\rangle,\langle x(t_2)\rangle,\langle x(t_2+|\phi_{12\cdot2}|)\rangle,..,\langle x(t_2+|\phi_{1n\cdot2}|)\rangle\Big]-$$

$$-W_n\Big[X_{11},X_{21},..,X_{n1}\Big|\langle x(t_1)\rangle,\langle x(t_1+|\phi_{12\cdot1}|)\rangle,..,\langle x(t_1+|\phi_{1n\cdot1}|)\rangle\Big]\times$$

$$\times W_n\Big[X_{12},X_{22},..,X_{n2}\Big|\langle x(t_2)\rangle,\langle x(t_2+|\phi_{12\cdot2}|)\rangle,..,\langle x(t_2+|\phi_{1n\cdot2}|)\rangle\Big]\Big\}dt_1dt_2=$$

$$=\frac{1}{\left(2n-м_{1n\cdot1}\right)\left(2n-\mu_{1n\cdot2}\right)T_0^2}\sum_{i=-n}^{n-м_{1n\cdot1}-1}\sum_{u=-n}^{n-\mu_{1n\cdot2}-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\int_{t_u}^{t_u+T_0}\Big\{W_{2n}\Big[X_{11},X_{21},...,X_{n1},X_{12},X_{22},...,X_{n2}\Big|$$

$$\Big|t_1,t_1+|\phi_{12\cdot1}|,...,t_1+|\phi_{1n\cdot1}|,t_2,t_2+|\phi_{12\cdot2}|,...,t_2+|\phi_{1n\cdot2}|;x_{-nk},...,x_{nr}\Big]-$$

$$-W_n\Big[X_{11},X_{21},..,X_{n1}\Big|t_1,t_1+|\phi_{12\cdot1}|,t_1+|\phi_{1n\cdot1}|;x_{-nk},...,x_{nr}\Big]\times$$

$$\times W_n\Big[X_{12},X_{22},..,X_{n2}\Big|t_2,t_2+|\phi_{12\cdot2}|,t_2+|\phi_{1n\cdot2}|;x_{-nk},...,x_{nr}\Big]\Big\}dt_1dt_2,$$

где $W_{2n}\left[X_{11},X_{21},...,X_{n1},X_{12},X_{22},...,X_{n2}\middle|\bullet\right]-2n$-мерное условное распределение вероятностей; $|\tau_{12}|\le|\tau_{13}|\le...\le|\tau_{1n}|$; $м_{12}\le м_{13}\le...\le м_{1n}$

Оценка двумерного взаимного распределения вероятности совместно эргодических процессов

$$\langle W_2[X;Y,\phi]\rangle=\int_{-\infty}^{X}\int_{-\infty}^{Y}\langle w_2[Z;H,\phi]\rangle dZdH=\frac{1}{2T-|\tau|}\int_{-T}^{T-|\phi|}W_2\Big[X,Y\Big|\langle x(t)\rangle,\langle y(t+|\phi|)\rangle\Big]dt=$$

$$=\frac{1}{(2n-м)T_0}\sum_{i=-n}^{n-м-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}W_2\Big[X,Y\Big|t,t+|\phi|;x_{-nk},...,x_{nr},y_{-ng},...,y_{nq}\Big]dt,$$

где $\langle w_2(Z;H,\phi)\rangle-$оценка двумерной плотности вероятности; $W_2\left[X,Y\middle|\bullet\right]-$ двумерное условное взаимное распределения вероятностей.

Математическое ожидание $m_{дW}(X;Y,\phi)$ и корреляционная функция $R_{дW}\left(X_1;Y_2,\tau_1;X_2;Y_2,\tau_2\right)$ её погрешности:

$$m_{дW}(X;Y,\phi)=\int_{-\infty}^{X}\int_{-\infty}^{Y}m_{дw}(Z;H,\phi)dZdH=$$

$$=\frac{1}{2T-|\phi|}\int_{-T}^{T-|\phi|}\Big\{W_2\Big[X,Y\Big|\langle x(t)\rangle,\langle y(t+|\phi|)\rangle\Big]-W_2[X;Y,\phi]\Big\}dt=$$

$$=\frac{1}{(2n-м)T_0}\sum_{i=-n}^{n-м-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\Big\{W_2\Big[X,Y\Big|t,t+|\phi|;x_{-nk},...,x_{nr},y_{-ng},...,y_{nq}\Big]-W_2[X;Y,\phi]\Big\}dt;$$

$$R_{дW}(X_1;Y_1,ф_1;X_2;Y_2,ф_2)=\int_{-\infty}^{X_1}\int_{-\infty}^{Y_1}\int_{-\infty}^{X_2}\int_{-\infty}^{Y_2}R_{дw}(Z_1;H_1,ф_1;Z_2;H_2,ф_2)dZ_1dH_1dZ_2dH_2=$$

$$=\frac{1}{(2T-|\tau_1|)(2T-|\tau_2|)}\int_{-T}^{T-|ф_1|}\int_{-T}^{T-|ф_2|}\Big\{W_4\left[X_1,Y_1,X_2,Y_2\middle|\langle x(t_1)\rangle,\langle y(t_1+|\tau_1|)\rangle,\langle x(t_2)\rangle,\langle y(t_2+|\tau_2|)\rangle\right]-$$

$$-W_2\left[X_1,Y_1\middle|\langle x(t_1)\rangle,\langle y(t_1+|\tau_1|)\rangle\right]W_2\left[X_2,Y_2\middle|\langle x(t_2)\rangle,\langle y(t_2+|\tau_2|)\rangle\right]\Big\}dt_1dt_2=$$

$$=\frac{1}{(2n-м_1)(2n-м_2)T_0^2}\sum_{i=-n}^{n-м_1-1}\sum_{u=-n}^{n-м_2-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\int_{t_u}^{t_u+T_0}\left\{W_4\left[X_1,Y_1,X_2,Y_2\middle|\begin{matrix}t_1,t_1+|\tau_1|,t_2,t_2+|\tau_2|;\\ x_{-nk},\ldots,x_{nr},y_{-ng},\ldots,y_{nq}\end{matrix}\right]-\right.$$

$$\left.-W_2\left[X_1,Y_1\middle|\begin{matrix}t_1,t_1+|\tau_1|;\\ x_{-nk},\ldots,x_{nr},y_{-ng},\ldots,y_{nq}\end{matrix}\right]W_2\left[X_2,Y_2\middle|\begin{matrix}t_2,t_2+|\tau_2|;\\ x_{-nk},\ldots,x_{nr},y_{-ng},\ldots,y_{nq}\end{matrix}\right]\right\}dt_1dt_2,$$

где $W_2[X,Y|\bullet]$ и $W_4[X_1,Y_1,X_2,Y_2|\bullet]$ – двумерное и четырёхмерное условные распределения вероятностей.

Оценка одномерной плотности вероятности

$$\langle w_1[X]\rangle=\frac{d\langle W_1[X]\rangle}{dX}=\frac{1}{2T}\int_{-T}^{T}w_1[X|\langle x(t)\rangle]dt=\frac{1}{2nT_0}\sum_{i=-n}^{n-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}w_1[X|t;x_{-nk},\ldots,x_{nr}]dt,$$

математическое ожидание $m_{дw}(X)$ и корреляционная функция $R_{дw}(X_1,X_2)$ её погрешности:

$$m_{дw}(X)=\frac{dm_{дW}(X)}{dX}=\frac{1}{2T}\int_{-T}^{T}\{w_1[X|\langle x(t)\rangle]-w_1[X]\}dt=$$

$$=\frac{1}{2nT_0}\sum_{i=-n}^{n-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\{w_1[X|t;x_{-nk},\ldots,x_{nr}]-w_1[X]\}dt;$$

$$R_{дw}(X_1,X_2)=\frac{d^2R_{дW}(X_1,X_2)}{dX_1dX_2}=\frac{1}{4T^2}\int_{-T}^{T}\int_{-T}^{T}\Big\{w_2[X_1,X_2|\langle x(t_1)\rangle,\langle x(t_2)\rangle]-$$

$$-w_1[X_1|\langle x(t_1)\rangle]w_1[X_2|\langle x(t_2)\rangle]\Big\}dt_1dt_2=$$

$$=\frac{1}{4n^2T_0^2}\sum_{i=-n}^{n-1}\sum_{u=-n}^{n-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\int_{t_u}^{t_u+T_0}\Big\{w_2[X_1,X_2|t_1,t_2;x_{-nk},\ldots,x_{nr}]-$$

$$-w_1[X_1|t_1;x_{-nk},\ldots,x_{nr}]w_1[X_2|t_2;x_{-nk},\ldots,x_{nr}]\Big\}dt_1dt_2.$$

где $w_1[X|\bullet]$ и $w_2[X_1,X_2|\bullet]$ – одномерное и двумерное условные плотности распределения вероятностей.

Оценка двумерной плотности распределения вероятности

$$\langle w_2[X_1;X_2,\tau]\rangle=\frac{d^2\langle W_2[X_1;X_2,\tau]\rangle}{dX_1dX_2}=\frac{1}{2T-|\tau|}\int_{-T}^{T-|ф|}w_2[X_1,X_2|\langle x(t)\rangle,\langle x(t+|\tau|)\rangle]dt=$$

$$=\frac{1}{(2n-м)T_0}\sum_{i=-n}^{n-м-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}w_2[X_1,X_2|t,t+|ф|;x_{-nk},\ldots,x_{nr}]dt.$$

Математическое ожидание $m_{дw}(X_1;X_2,ф)$ и корреляционная функция $R_{дw}(X_{11};X_{21},\tau_1;X_{12};X_{22},\tau_2)$ её погрешности:

$$m_{дw}(X_1;X_2,\tau)=\frac{d^2 m_{дW}(X_1;X_2,\tau)}{dX_1dX_2}=\frac{1}{2T-|\tau|}\int_{-T}^{T-|ф|}\left\{w_2\left[X_1,X_2\left|\langle x(t)\rangle,\langle x(t+|\tau|)\rangle\right.\right]-w_2[X_1;X_2,\tau]\right\}dt=$$

$$=\frac{1}{(2n-м)T_0}\sum_{i=-n}^{n-м-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\left\{w_2\left[X_1,X_2\left|t,t+|ф|;x_{-nk},...,x_{nr}\right.\right]-w_2[X_1;X_2,ф]\right\}dt;$$

$$R_{дw}(X_{11};X_{21},\tau_1;X_{12};X_{22},\tau_2)=\frac{d^4R_{дW}(X_{11};X_{21},\tau_1;X_{12};X_{22},\tau_2)}{dX_{11}dX_{21}dX_{12}dX_{22}}=$$

$$=\frac{1}{(2T-|\tau_1|)(2T-|\tau_2|)}\int_{-T}^{T-|ф_1|}\int_{-T}^{T-|ф_2|}\left\{w_4\left[X_{11},X_{21},X_{12},X_{22}\left|\langle x(t_1)\rangle,\langle x(t_1+|\tau_1|)\rangle,\langle x(t_2)\rangle,\langle x(t_2+|\tau_2|)\rangle\right.\right]-\right.$$

$$\left.-w_2\left[X_{11},X_{21}\left|\langle x(t_1)\rangle,\langle x(t_1+|\tau_1|)\rangle\right.\right]w_2\left[X_{12},X_{22}\left|\langle x(t_2)\rangle,\langle x(t_2+|\tau_2|)\rangle\right.\right]\right\}dt_1dt_2=$$

$$=\frac{1}{(2n-м_1)(2n-м_2)T_0^2}\sum_{i=-n}^{n-м_1-1}\sum_{u=-n}^{n-м_2-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\int_{t_u}^{t_u+T_0}\left\{w_4\left[X_{11},X_{21},X_{12},X_{22}\left|t_1,t_1+|\tau_1|,t_2,t_2+|\tau_2|;x_{-nk},...,x_{nr}\right.\right]-\right.$$

$$\left.-w_2\left[X_{11},X_{21}\left|t_1,t_1+|\tau_1|;x_{-nk},...,x_{nr}\right.\right]w_2\left[X_{12},X_{22}\left|t_2,t_2+|\tau_2|;x_{-nk},...,x_{nr}\right.\right]\right\}dt_1dt_2,$$

где $w_4[X_{11},X_{21},X_{12},X_{22}|\bullet]$ – четырёхмерная условная плотность распределения вероятностей.

Оценка n-мерной плотности распределения вероятности, математическое ожидание и корреляционная функция её погрешности:

$$\langle w_n[X_1;X_2,\tau_{12};...;X_n,\tau_{1n}]\rangle=\frac{d^n\langle W_1[X_1;X_2,ф_{12};...;X_n,\tau_{1n}]\rangle}{dX_1...dX_n}=$$

$$=\frac{1}{2T-|\tau_{1n}|}\int_{-T}^{T-|ф_n|}w_n\left[X_1,X_2,...,X_n\left|\langle x(t)\rangle,\langle x(t+|\tau_{12}|)\rangle,...,\langle x(t+|\tau_{1n}|)\rangle\right.\right]dt=$$

$$=\frac{1}{(2n-м_{1n})T_0}\sum_{i=-n}^{n-м_{1n}-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}w_n\left[X_1,X_2,...,X_n\left|t,t+|ф_{12}|,...,t+|ф_{1n}|;x_{-nk},...,x_{nr}\right.\right]dt;$$

$$m_{дw}(X_1;X_2,\tau_{12};...;X_n,\tau_{1n})=\frac{d^n m_{дW}(X_1;X_2,\tau_{12};...;X_n,\tau_{1n})}{dX_1...dX_n}=$$

$$=\frac{1}{2T-|\tau_{1n}|}\int_{-T}^{T-|ф_n|}\left\{\begin{array}{l}w_n\left[X_1,X_2,...,X_n\left|\langle x(t)\rangle,\langle x(t+|\tau_{12}|)\rangle,...,\langle x(t+|\tau_{1n}|)\rangle\right.\right]-\\ \qquad\qquad -w_n[X_1;X_2,\tau_{12};...;X_n,\tau_{1n}]\end{array}\right\}dt=$$

$$=\frac{1}{(2n-м_{1n})T_0}\sum_{i=-n}^{n-м_{1n}-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\left\{\begin{array}{l}w_n\left[X_1,X_2,...,X_n\left|t,t+|ф_{12}|,...,t+|ф_{1n}|;x_{-nk},...,x_{nr}\right.\right]-\\ \qquad\qquad -w_n[X_1;X_2,\tau_{12};...;X_n,\tau_{1n}]\end{array}\right\}dt;$$

$$R_{дw}(X_{11};X_{21},ф_{12\cdot1};.;X_{n1},ф_{1n\cdot1};X_{12};X_{22},ф_{12\cdot2};.;X_{n2},ф_{1n\cdot2})=\frac{d^{2n}R_{дW}(X_{11};X_{21},ф_{12\cdot1};.;X_{n1},ф_{1n\cdot1};X_{12};X_{22},ф_{12\cdot2};.;X_{n2},ф_{1n\cdot2})}{dX_{11}...dX_{n1}dX_{12}..dX_{n2}}=$$

$$=\frac{1}{(2T-|ф_{1n\cdot1}|)(2T-|ф_{1n\cdot2}|)}\int_{-T}^{T-|ф_{1n\cdot1}|}\int_{-T}^{T-|ф_{1n\cdot2}|}\{w_{2n}[X_{11},X_{21},.,X_{n1},X_{12},X_{22},.,X_{n2}|$$

$$|\langle x(t_1)\rangle,\langle x(t_1+|ф_{12\cdot1}|)\rangle,.,\langle x(t_1+|ф_{1n\cdot1}|)\rangle,\langle x(t_2)\rangle,\langle x(t_2+|ф_{12\cdot2}|)\rangle,.,\langle x(t_2+|ф_{1n\cdot2}|)\rangle]-$$

$$-w_n[X_{11},X_{21},.,X_{n1}|\langle x(t_1)\rangle,\langle x(t_1+|ф_{12\cdot1}|)\rangle,.,\langle x(t_1+|ф_{1n\cdot1}|)\rangle]w_n[X_{12},X_{22},.,X_{n2}|\langle x(t_2)\rangle,\langle x(t_2+|ф_{12\cdot2}|)\rangle,.,\langle x(t_2+|ф_{1n\cdot2}|)\rangle]\}dt_1dt_2=$$

$$=\frac{1}{(2n-м_{1n\cdot1})(2n-\mu_{1n\cdot2})T_0^2}\sum_{i=-n}^{n-м_{1n\cdot1}-1}\sum_{u=-n}^{n-\mu_{1n\cdot2}-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\int_{t_u}^{t_u+T_0}\{w_{2n}[X_{11},X_{21},...,X_{n1},X_{12},X_{22},...,X_{n2}|$$

$$|t_1,t_1+|ф_{12\cdot1}|,...,t_1+|ф_{1n\cdot1}|,t_2,t_2+|ф_{12\cdot2}|,...,t_2+|ф_{1n\cdot2}|;x_{-nk},...,x_{nr}]-$$

$$-w_n[X_{11},X_{21},.,X_{n1}|t_1,t_1+|ф_{12\cdot1}|,t_1+|ф_{1n\cdot1}|;x_{-nk},.,x_{nr}]w_n[X_{12},X_{22},.,X_{n2}|t_2,t_2+|ф_{12\cdot2}|,t_2+|ф_{1n\cdot2}|;x_{-nk},.,x_{nr}]\}dt_1dt_2,$$

где $w_n[X_1,X_2,.,X_n|\bullet]$ и $w_{2n}[X_{11},X_{21},.,X_{n1},X_{12},X_{22},.,X_{n2}|\bullet]$– n-мерная и $2n$-мерная условные плотности распределения вероятности; $|ф_{12}|\le|ф_{13}|\le.\le|ф_{1n}|$; $м_{12}\le м_{13}\le.\le м_{1n}$.

Оценка двумерной взаимной плотности распределения вероятности совместно эргодических процессов, математическое ожидание и корреляционная функция её погрешности:

$$\langle w_2[X;Y,ф]\rangle=\frac{d^2\langle W_1[X_1;Y,ф]\rangle}{dXdY}=\frac{1}{2T-|ф|}\int_{-T}^{T-|ф|}w_2[X,Y|\langle x(t)\rangle,\langle y(t+|ф|)\rangle]dt=$$

$$=\frac{1}{(2n-м)T_0}\sum_{i=-n}^{n-м-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}w_2[X,Y|t,t+|ф|;x_{-nk},.,x_{nr},y_{-ng},.,y_{nq}]dt;$$

$$m_{дw}(X;Y,ф)=\frac{d^2m_{дW}(X;Y,ф)}{dXdY}=\frac{1}{2T-|ф|}\int_{-T}^{T-|ф|}\{w_2[X,Y|\langle x(t)\rangle,\langle y(t+|ф|)\rangle]-w_2[X;Y,ф]\}dt=$$

$$=\frac{1}{(2n-м)T_0}\sum_{i=-n}^{n-м-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\{w_2[X,Y|t,t+|ф|;x_{-nk},.,x_{nr},y_{-ng},.,y_{nq}]-w_2[X;Y,ф]\}dt;$$

$$R_{дw}(X_1;Y_1,ф_1;X_2;Y_2,ф_2)=\frac{d^4R_{дW}(X_1;Y_1,ф_1;X_2;Y_2,ф_2)}{dX_1dY_1dX_2dY_2}=\frac{1}{(2T-|ф_1|)(2T-|ф_2|)}\times$$

$$\times\int_{-T}^{T-|ф_1|}\int_{-T}^{T-|ф_2|}\{w_4[X_1,Y_1,X_2,Y_2|\langle x(t_1)\rangle,\langle y(t_1+|ф_1|)\rangle,\langle x(t_2)\rangle,\langle y(t_2+|ф_2|)\rangle]-$$

$$-w_2[X_1,Y_1|\langle x(t_1)\rangle,\langle y(t_1+|ф_1|)\rangle]w_2[X_2,Y_2|\langle x(t_2)\rangle,\langle y(t_2+|ф_2|)\rangle]\}dt_1dt_2=$$

$$=\frac{1}{(2n-м_1)(2n-м_2)T_0^2}\sum_{i=-n}^{n-м_1-1}\sum_{u=-n}^{n-м_2-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\int_{t_u}^{t_u+T_0}\{w_4[X_1,Y_1,X_2,Y_2|t_1,t_1+|\tau_1|,t_2,t_2+|\tau_2|;x_{-nk},.,x_{nr},y_{-ng},.,y_{nq}]-$$

$$-w_2[X_1,Y_1|t_1,t_1+|\tau_1|;x_{-nk},.,x_{nr},y_{-ng},.,y_{nq}]w_2[X_2,Y_2|t_2,t_2+|\tau_2|;x_{-nk},.,x_{nr},y_{-ng},.,y_{nq}]\}dt_1dt_2,$$

где $w_2[X,Y|\bullet]$ и $w_4[X_1,Y_1,X_2,Y_2|\bullet]$–условные плотности вероятностей.

Оценка одномерной характеристической функции и характеристики её погрешности соответственно:

$$\langle и_1[jн]\rangle = \int_{-\infty}^{\infty} \langle w_1[X]\rangle e^{jнX} dX = \frac{1}{2T}\int_{-T}^{T} и_1\left[jн\left|\langle x(t)\rangle\right.\right]dt = \frac{1}{2nT_0}\sum_{i=-n}^{n-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0} и_1\left[jн\left|t; x_{-nk},.,x_{nr}\right.\right]dt;$$

$$m_{ди}(jн) = \int_{-\infty}^{\infty} m_{дw}(X) e^{jнX} dX = \frac{1}{2T}\int_{-T}^{T}\left\{и_1\left[jн\left|\langle x(t)\rangle\right.\right] - и_1[jн]\right\}dt = \frac{1}{2nT_0}\sum_{i=-n}^{n-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\left\{и_1\left[jн\left|t; x_{-nk},...,x_{nr}\right.\right] - и_1[jн]\right\}dt$$

$$R_{ди}(jн_1, jн_2) = \int\int_{-\infty}^{\infty} R_{дw}(X_1, X_2) e^{j(н_1X_1 + н_2X_2)} dX_1 dX_2 =$$

$$= \frac{1}{4T^2}\int\int_{-T}^{T}\left\{и_2\left[jн_1, jн_2\left|\langle x(t_1)\rangle, \langle x(t_2)\rangle\right.\right] - и_1\left[jн_1\left|\langle x(t_1)\rangle\right.\right] и_1\left[jн_2\left|\langle x(t_2)\rangle\right.\right]\right\}dt_1 dt_2 =$$

$$= \frac{1}{4n^2T_0^2}\int\int_{-T}^{T}\left\{и_2\left[jн_1, jн_2\left|t_1, t_2; x_{-nk},.,x_{nr}\right.\right] - и_1\left[jн_1\left|t_1; x_{-nk},.,x_{nr}\right.\right] и_1\left[jн_2\left|t_2; x_{-nk},.,x_{nr}\right.\right]\right\}dt_1 dt_2.$$

где $θ_1[jн|•]$ и $и_2[jн_1, jн_2|•]$ – условные характеристические функции.

Оценка n-мерной характеристической функции, математическое ожидание и корреляционная функция её погрешности:

$$\langle и_n[jн_1; jн_2, ф_2;.; jн_n, ф_n]\rangle = \int_{-\infty}^{\infty}.\int_{-\infty}^{\infty}\langle w_n[X_1; X_2, ф_2;.; X_n, ф_n]\rangle e^{j(н_1X_1 + н_2X_2 + \cdot + н_nX_n)} dX_1.dX_n =$$

$$= \frac{1}{2T - |ф_n|}\int_{-T}^{T-|ф_n|} и_n\left[jн_1, jн_2,.., jн_n\left|\langle x(t)\rangle, \langle x(t+|ф_2|)\rangle,.., \langle x(t+|ф_n|)\rangle\right.\right]dt =$$

$$= \frac{1}{(2n - м_{1n})T_0}\sum_{i=-n}^{n-м_{1n}-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0} и_n\left[jн_1, jн_2,.., jн_n\left|t, t+|ф_2|,.., t+|ф_n|; x_{-nk},.,x_{nr}\right.\right]dt;$$

$$m_{ди}(jн_1; jн_2, ф_2;.; jн_n, ф_n) = \int_{-\infty}^{\infty}.\int_{-\infty}^{\infty} m_{дw}(X_1; X_2, ф_2;.; X_n, ф_n) e^{j(н_1X_1 + н_2X_2 + \cdot + н_nX_n)} dX_1.dX_n =$$

$$= \frac{1}{2T - |ф_n|}\int_{-T}^{T-|ф_n|}\left\{и_n\left[jн_1, jн_2,.., jн_n\left|\langle x(t)\rangle, \langle x(t+|ф_2|)\rangle,.., \langle x(t+|ф_n|)\rangle\right.\right] - и_n[jн_1; jн_2, ф_2;.; jн_n, ф_n]\right\}dt =$$

$$= \frac{1}{(2n - м_{1n})T_0}\sum_{i=-n}^{n-м_{1n}-1}\int_{t_i}^{t_i+T_0}\left\{и_n\left[jн_1, jн_2,.., jн_n\left|t, t+|ф_2|,.., t+|ф_n|; x_{-nk},.,x_{nr}\right.\right] - и_n[jн_1; jн_2, ф_2;.; jн_n, ф_n]\right\}dt;$$

$$R_{ди}(jн_{11}; jн_{21}, ф_{2\cdot1};...; jн_{n1}, ф_{n\cdot1}; jн_{12}; jн_{22}, ф_{2\cdot2};...; jн_{n2}, ф_{n\cdot2}) =$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty}...\int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}...\int_{-\infty}^{\infty} R_{дw}(X_{11}; X_{21}, ф_{2\cdot1};...; X_{n1}, ф_{n\cdot1}; X_{12}; X_{22}, ф_{2\cdot2};...; X_{n2}, ф_{n\cdot2})\times$$

$$\times e^{j(н_{11}X_{11} + н_{21}X_{21} + \cdots + н_{n1}X_{n1} + н_{12}X_{12} + н_{22}X_{22} + \cdots + н_{n2}X_{n2})} dX_{11}...dX_{n1}dX_{12}...dX_{n2} =$$

$$= \frac{1}{(2T - |\tau_{1n\cdot1}|)(2T - |\tau_{1n\cdot2}|)}\int_{-T}^{T-|ф_{n\cdot1}|}\int_{-T}^{T-|ф_{n\cdot2}|}\left\{и_{2n}\left[jн_{11}, jн_{21},..., jн_{n1}, jн_{12}, jн_{22},..., jн_{n2}\right|\right.$$

$$\left|\langle x(t_1)\rangle, \langle x(t_1+|ф_{2\cdot1}|)\rangle,.., \langle x(t_1+|ф_{n\cdot1}|)\rangle, \langle x(t_2)\rangle, \langle x(t_2+|ф_{2\cdot2}|)\rangle,.., \langle x(t_2+|ф_{n\cdot\cdot2}|)\rangle\right]-$$

$$- и_n\left[jн_{11}, jн_{21},..., jн_{n1}\left|\langle x(t_1)\rangle, \langle x(t_1+|ф_{2\cdot1}|)\rangle,..., \langle x(t_1+|ф_{n\cdot1}|)\rangle\right.\right]\times$$

$$\left.\times и_n\left[jн_{12}, jн_{22},..., jн_{n2}\left|\langle x(t_2)\rangle, \langle x(t_2+|ф_{2\cdot2}|)\rangle,..., \langle x(t_2+|ф_{n\cdot2}|)\rangle\right.\right]\right\}dt_1 dt_2 =$$

$$= \frac{1}{(2n - м_{1n\cdot 1})(2n - м_{1n\cdot 2})T_0^2} \sum_{i=-n}^{n-м_{1n\cdot 1}-1} \sum_{u=-n}^{n-м_{1n\cdot 2}-1} \int_{t_i}^{t_i+T_0} \int_{t_u}^{t_u+T_0} \Big\{ и_{2n}\big[jн_{11}, jн_{21},.., jн_{n1}, jн_{12}, jн_{22},.., jн_{n2} \big|$$

$$\big| t_1, t_1 + |ф_{12\cdot 1}|,.., t_1 + |ф_{1n\cdot 1}|, t_2, t_2 + |ф_{12\cdot 2}|,.., t_2 + |ф_{1n\cdot 2}|; x_{-nk},.., x_{nr} \big] -$$

$$- и_n\big[jн_{11}, j\,н_{21},.., jн_{n1} \big| t_1, t_1 + |ф_{12\cdot 1}|,.., t_1 + |ф_{1n\cdot 1}|; x_{-nk},.., x_{nr} \big] и_n\big[jн_{12}, jн_{22},.., jн_{n2} \big| t_2, t_2 + |ф_{12\cdot 2}|,.., t_2 + |ф_{1n\cdot 2}|; x_{-nk},.., x_{nr} \big] \Big\} dt_1 dt_2,$$

где $\theta_n\big[jн_{11}, j\nu_{21},..., j\nu_{n1} \big| \bullet\big]$ и $\theta_{2n}\big[jн_{11}, j\nu_{21},..., j\nu_{n1}, jн_{12}, j\nu_{22},..., j\nu_{n2} \big| \bullet\big]$ – n-мерные и $2n$-мерные условные характеристические функции.

Оценка двумерной взаимной характеристической функции совместно эргодических процессов, математическое ожидание и корреляционная функция её погрешности:

$$\langle и_2[jн; jз, ф] \rangle = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \langle w_2[X; Y, ф] \rangle e^{j(нX + зY)} dXdY = \frac{1}{2T - |ф|} \int_{-T}^{T-|ф|} и_2\big[jн, jз \big| \langle x(t) \rangle, \langle y(t + |ф|) \rangle \big] dt =$$

$$= \frac{1}{(2n - м)T_0} \sum_{i=-n}^{n-м-1} \int_{t_i}^{t_i+T_0} и_2\big[jн, jз \big| t, t + |ф|; x_{-nk},.., x_{nr}, y_{-ng},.., y_{nq} \big] dt;$$

$$m_{ди}(jн; jз, ф) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} m_{дw}(X; Y, ф) e^{j(нX + зY)} dXdY = \frac{1}{2T - |ф|} \int_{-T}^{T-|ф|} \Big\{ и_2\big[jн, jз \big| \langle x(t) \rangle, \langle y(t + |ф|) \rangle \big] - и_2[jн, jз, ф] \Big\} dt =$$

$$= \frac{1}{(2n - м)T_0} \sum_{i=-n}^{n-м-1} \int_{t_i}^{t_i+T_0} \Big\{ и_2\big[jн, jз \big| t, t + |ф|; x_{-nk},.., x_{nr}, y_{-ng},.., y_{nq} \big] - и_2[jн, jз, ф] \Big\} dt;$$

$$R_{ди}(jн_1; jз_1, ф_1; jн_2; jз_2, ф_2) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} R_{дw}(X_1; Y_1, ф_1; X_2; Y_2, ф_2) e^{j(н_1 X_1 + з_1 Y_1 + н_2 X_2 + з_2 Y_2)} dX_1 dY_1 dX_2 dY_2 =$$

$$= \frac{1}{(2T - |ф_1|)(2T - |ф_2|)} \int_{-T}^{T-|ф_1|} \int_{-T}^{T-|ф_2|} \Big\{ и_4\big[jн_1, jз_1, jн_2, jз_2 \big| \langle x(t_1) \rangle, \langle y(t_1 + |ф_1|) \rangle, \langle x(t_2) \rangle, \langle y(t_2 + |ф_2|) \rangle \big] -$$

$$- и_2\big[jн_1, jз_1 \big| \langle x(t_1) \rangle, \langle y(t_1 + |ф_1|) \rangle \big] и_2\big[jн_2, jз_2 \big| \langle x(t_2) \rangle, \langle y(t_2 + |ф_2|) \rangle \big] \Big\} dt_1 dt_2 =$$

$$= \frac{1}{(2n - м_1)(2n - м_2)T_0^2} \sum_{i=-n}^{n-м_1-1} \sum_{u=-n}^{n-м_2-1} \int_{t_i}^{t_i+T_0} \int_{t_u}^{t_u+T_0} \Big\{ и_4\big[jн_1, jз_1, jн_2, j\eta_2 \big| t_1, t_1 + |ф_1|, t_2, t_2 + |ф_2|; x_{-nk},.. x_{nr}, y_{-ng},.., y_{nq} \big] -$$

$$- и_2\big[jн_1, jз_1 \big| t_1, t_1 + |\tau_1|; x_{-nk},.., x_{nr}, y_{-ng},.., y_{nq} \big] и_2\big[jн_2, jз_2 \big| t_2, t_2 + |\tau_2|; x_{-nk},.., x_{nr}, y_{-ng},.., y_{nq} \big] \Big\} dt_1 dt_2.$$

Приведенные алгоритмы и характеристики погрешностей измерений распределений и характеристических функций реализуют введенные определения параметров эргодических случайных процессов. Комплексный подход к определению погрешностей аналоговых и цифровых измерений позволяет избежать суммирования элементарных погрешностей, которое нельзя выполнить корректно.

Литература

1. Заико А.И. Эргодические случайные процессы. Определения и алгоритмы измерения характеристик // Вестник УГАТУ.–2012.–№ 6(51) .–С. 74–85.

2. Заико А.И. Характеристики эргодических случайных процессов / Труды междунар. НТК «Перспективные технологии (ПИТ 2013)».–Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2013.– С. 50–53.

3. Заико А.И. Случайные процессы. Модели и измерения: учеб. пособие.–М.: Изд-во МАИ, 2006.– 297 с.

4. Заико А.И. Комплексный подход к определению погрешностей / А.И. Заико // Датчики и системы (ИКА).–2007.–№ 8 (99). – С. 52–59.

А.И. Замалютдинов, Л.Р. Габдрахманова

АНАЛИЗ ИЗОБРАЖЕНИЙ ФОТОННОГО КРИСТАЛЛА, ПОЛУЧЕННОГО ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

(Институт технической кибернетики и информатики
Казанский национально исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ)

Предложена методика обработки изображения коллоидной пленки кремнезема (рис. 1) в программном пакете Image-ProPlus.

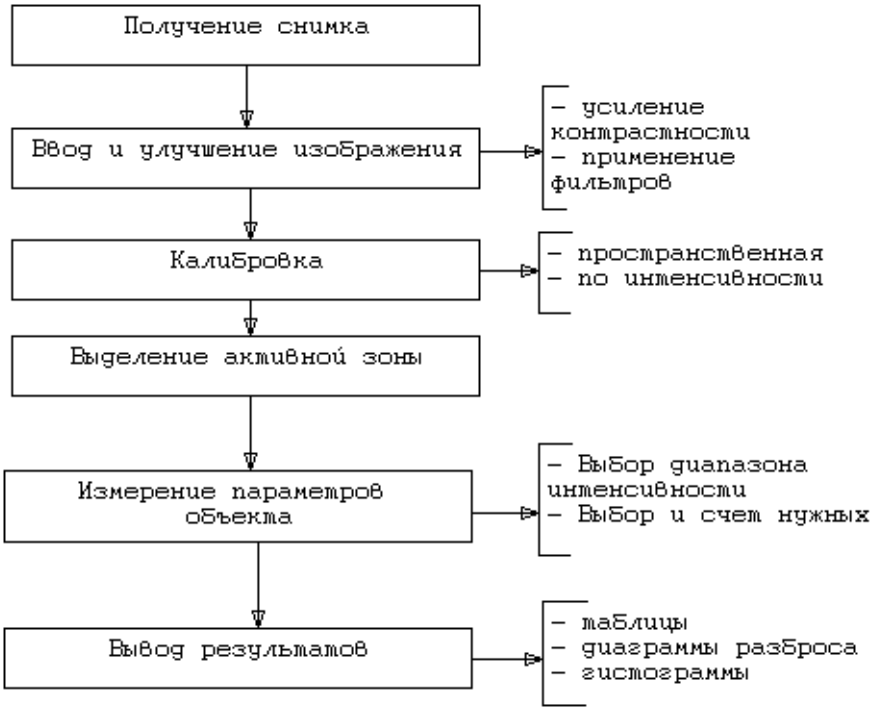


Рис. 1. Методика обработки изображения.

Исходными материалами являются цифровые снимки, полученные с помощью микроскопа QX5. Введенное изображение при необходимости можно улучшить при помощи фильтров (фильтры усиления, граничные, морфологические, специальные) [1]. После подготовки изображения и калибровки программы выбираем активную область, где будем производить измерения. Основные этапы подсчета заключаются в следующем:

– Выбор диапазон интенсивности (для монохромных изображений) или цвета (для цветных изображений), которые будут идентифицировать объект для расчета
– Выбор необходимых виды измерений (площадь, радиус, средняя интенсивность/плотность каждого объекта и другое).

Вывод результатов возможен в виде статистических данных, гистограммы, поля рассеяния и др.

Для примера был взят один из цветных снимков пленки. Был применен фильтр Local Equalization на выделенном активном участке изображения, для которого проводили измерения. Диапазон интенсивности выбирался автоматически по темным объектам. Данными для счета служили площадь частиц, средний диаметр, максимальный и минимальный радиусы объекта, периметр и другие. Обнаружено более 100 объектов на выделенном участке изображения, средний диаметр частиц равен 270 нм [2].

Полученные при анализе изображения данные согласуются с проведенным ранее эллипсометрическим исследованием пленок. Результаты работы будут использованы для имитационного моделирования фотонного кристалла и устройств на его основе.

Литература

1. Маркелов М. Методы моделирования самоупорядочивающихся систем // Нанотехнологическое сообщество "Нанометр" (www.nanometer.ru). Публикации: обзоры 16 июля 2010. С. 2-3,7-9.
2. Синицкий А.С. Синтез и оптические свойства фотонных кристаллов на основе диоксида кремния: доклад. Москва: Изд-во Московского гос. ун-та им. М. В. Ломоносова, 2003.-20 с.

А.И. Замалютдинов, Л.Р. Габдрахманова

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН В ФОТОННОМ КРИСТАЛЛЕ

(Институт технической кибернетики и информатики
Казанский национально исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ)

Имитационное моделирование — это метод исследования, при котором изучаемая система заменяется моделью, с достаточной точностью описывающей реальную систему, с которой проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе. В данном случае моделирование было использовано для создания волновода на основе двумерного фотонного кристалла. Фотонные кристаллы – это композиционные материалы с пространственно-периодическим изменением коэффициента преломления в масштабах длины волны света и имеющие фотонные запрещенные зоны в спектре оптических со-

стояний. Ширина запрещенной зоной определяет частотный диапазон электромагнитных волн, не распространяющихся в этих средах. Создавая дефекты внутри запрещенной зоны, можно добиться прохождения светового сигнала определенной длины волны. Точечный дефект в фотонном кристалле фактически создает волновод. На данном принципе удержания электромагнитного излучения в точечном дефекте фотонного кристалла созданы проводники оптического излучения, называемые фотонно-кристаллическими волноводами.

Моделирование проводилось в графическом интерфейсе пользователя мощной интерактивной среды программного пакета COMSOL Multiphysics. Результаты численных расчетов методом конечных элементов выводятся на диаграммах, удобных для принятия решений. Благодаря огромным капиталовложениям и широкому спектру современных технологий кремний до сих пор является основным материалом микроэлектроники. Поэтому для моделирования фотонного кристалла использовались следующие композиции: Si-воздух, Si-SiO2 , SiO2 – воздух. Для них рассматривались две геометрии кристалла: прямая и инверсная. Геометрию прямого фотонного кристалла можно представить в виде квадрата воздуха с массивом цилиндров из Si, стоящих в узлах квадратной сетки. Инверсный кристалл представляет собой полупроводниковый квадрат с системой круглых равноотстоящих отверстий. Эта модель использовалась для имитации микропористого кремния с радиусом пор более 50 нм и шагом периодичности 150 и 250 нм.

В данной работе проведено моделирование световода с целью определения влияния геометрии и показателя преломления материала на длину волны проходящего сигнала. При создании имитационной модели волновода использовались данные, полученные опытным путем, а так же при анализе изображений фотонного кристалла. Результаты моделирования волновода могут дать более полное представление о свойствах фотонных кристаллов.

В ходе работы в лаборатории были получены пленки из упорядоченных микросфер кремнезема на подложках из стекла площадью несколько квадратных сантиметров. Выбор метода синтеза опаловых пленок был остановлен на золь-гель технологии. В полученном золе были исследованы частицы кремнезема турбодиметрическим методом. Результаты показали, что средний радиус микросфер кремнезема равен 135 нм. Проведено эллипсометрическое исследование, в результате которого были получены следующие данные: толщина пленки варьируется от 1000 до 2000 нм, она состоит из полых микросфер диаметром от 250 до 300 нм. Все полученные данные хорошо согласуются между собой. На основе полученных данных проводилось моделирование и исследование фотонного кристалла.

Целью моделирования является изучение распространения TE – волн в фотонном кристалле. В основе математической модели скалярное уравнение для поперечной компоненты поля Ez, , где n – показатель преломления, k0 – волновое число свободного пространства. Поскольку нет физических границ, то можно использовать граничное условие рассеяния на всех границах. На границе ввода волны устанавливается амплитуда Ez, равная 1. Решением является по-

верхностная диаграмма напряженности электрического поля. Волноводный эффект осуществляется благодаря внутреннему отражению от периодической структуры и созданию запрещенной зоны. Однако для различных диапазонов длин волн они могут быть настроены путем изменения только геометрии кристалла без использования других материалов. Было доказано, что путем изменения геометрии волновода можно настроить фотонные запрещенные зоны и дисперсию для различных диапазонов длин волн, тем самым синтезировать волноведущие системы с заданными спектральными свойствами.

Рассчитаны полосы спектров частот пропускания для волноводов с заданной геометрией. Результаты расчетов показывают, что с увеличением размера цилиндров, расстояния между ними и шириной канала увеличивается диапазон длин волн, проходящих практически без затухания волны. Диапазон частот пропускания на прямом кристалле зависит от геометрии самого кристалла: увеличение таких параметров, таких как радиус цилиндров, расстояние между ними, ширина канала ведет к увеличению диапазонов длин волн; от угла изгиба волновода частотный спектр не зависит.

Литература

1. Баженов А.В., Горбунов А.В., Алдушин К.А. оптические свойства тонких пленок из плотноупакованных SiO2-сфер: Физика твердого тела, том 44 вып.6, 2002.-1026 с.
2. Нелин Е. А. Устройства на основе фотонных кристаллов // Технология и конструирование в электронной аппаратуре.— 2004.— № 3.— С. 18—25.

А.И. Замалютдинов, Л.Р. Габдрахманова

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ФОТОННО-КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО ВОЛНОВОДА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

(Институт технической кибернетики и информатики
Казанский национально исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ)

В настоящее время создано множество видов волноводов на основе фотонных кристаллов. Частным случаем является линейный дефект периодической структуры фотонного кристалла. Дефект обладает собственными оптическими модами, отличными от собственных мод фотонного кристалла (такие моды называются дефектными). Если частота дефектной моды лежит в запрещенной зоне фотонного кристалла, то эта мода концентрируется в узкой области пространства в окрестности дефекта, который в этом случае играет роль волновода.

Геометрию прямого фотонного кристалла можно представить в виде квадрата воздуха с массивом цилиндров из Si, стоящих в узлах квадратной сетки (рис. 1). Несколько цилиндров удалено, чтобы создать волновод с изгибом 90 градусов.

Рис. 1. Геометрия фотонного кристалла

Основной задачей при синтезе является подбор параметров фотонного кристалла для создания волновода с необходимыми волновыми характеристиками. К изменяемым параметрам можно отнести диаметр цилиндров, материал среды распространения волны, материал неоднородности, ширину канала волновода.

В данной работе необходимо максимизировать длину волны при заданной моде и варьировании толщины волновода tg, показателя преломления направляющего слоя n_2 и показателя преломления окружающих слоев n_1.

$$\lambda_0 = \frac{2 * \sqrt{n_2^2 - n_1^2} * t_g}{m_s} \longrightarrow \max$$

где λ_0 – длина волны, n_1 – показатель преломления среды распространения, n_2 – показатель преломления неоднородности.

Показатель преломления n_1 среды распространения меньше показателя преломления n_2 ограничивающего слоя и больше единицы($1<n_1<n_2$). Значение показателя преломления n_2 лежит в пределах 2.2 … 2.8 ($2.2<n_2<2.8$). Связано с тем, что показатель преломления кремния, из которого изготовлены стенки волновода находятся в этих пределах. Канал волновода образуется удалением одного или нескольких рядов цилиндров из кремния, его ширина зависит от радиуса цилиндров и периода решетки.

Задача решается с использованием генетического алгоритма: необходимо сформировать начальную популяцию хромосом. Каждая хромосома представляет собой закодированное представление решения. Начальная популяция формируется случайно. Задается размер начальной популяции, затем осуществляется синтез новых решений, используется три основных оператора: скрещивание, мутация, селекция. Процесс эволюции выполняется до тех пор, пока лучшее решение не будет изменяться на протяжении некоторого количества популяций или по заданному количеству итераций.

Алгоритм реализован в программе DELPHY. В интерфейсе программы, показана целевая функция, имеются окна для ввода пользователем информации о количестве мод, вероятности скрещивания и мутации, количества итераций. После выполнения алгоритма выводится информация о максимальном значении целевой функции и скорости сходимости. Подробный отчет о работе генетического алгоритма сохраняется в текстовом документе.

Проведено исследование эффективности реализованного алгоритма - зависимости скорости сходимости алгоритма и показателя качества решения от вероятности мутации и скрещивания. Из полученных результатов были сделаны выводы:

1. С увеличением вероятности скрещивания увеличивается показатель качества решения.
2. Скорость сходимости не зависит от вероятности скрещивания.
3. Показатель качества решения прямо пропорционально связан с вероятностью мутации.

Литература

1. Исаев С.А. Генетические алгоритмы // Новости искусственного интеллекта - 1995, №4, с. 6-46.
2. Хансперджер Р. Интегральная оптика: Теория и технология.// Пер. с англ. – М.: Мир, 1985.-384 с

А.И. Замалютдинов, Л.Р. Габдрахманова

ЭЛЛИПСОМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛЕНОК НАНОСТРУКТУРИРОВАННОЙ ДВУОКИСИ КРЕМНИЯ, ПОЛУЧЕННЫХ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОДОМ

(Институт технической кибернетики и информатики
Казанский национально исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ)

Большой интерес к наноструктурированным веществам связан с тем, что их физические свойства значительно отличаются от своих кристаллических аналогов. Наиболее перспективными и изученными являются ультрадисперсные матрицы кремнезема, применяемые в оптических фотонных кристаллах. Синтез надмолекулярных структур кремнезема происходит в два этапа: формирование золя и гелеобразование. Для установления закономерностей образования микросфер кремнезема и их пространственной упаковки при гелеобразовании были проведены микроскопические исследования морфологии поверхности пленок измерены спектры пропускания в видимом диапазоне на КФК-3 и эллипсометрические исследования [1]. Эллипсометрия – совокупность методов изучения поверхностей жидких и твердых тел по состоянию поляризации светового луча, отраженного этой поверхностью и преломленного на ней. Падающий на поверхность плоско поляризованный свет приобретает при отражении и

преломлении эллиптическую поляризацию вследствие наличия тонкого переходного слоя на границе раздела сред.

Основная область применения эллипсометрии — определение оптических постоянных тонких пленок, а также их толщин в диапазоне, существенно меньшем длины волны света. Изменение состояния поляризации света после его отражения от поверхности определяется отношением комплексных френелевских коэффициентов отражения для p- параллельной и s- перпендикулярной к плоскости падения поляризаций света: $\rho = rp/rs = tg\psi \exp(i\Delta)$, где $tg\psi = | rp/rs |$ - отношение амплитудных коэффициентов Френеля, а $\Delta = \delta p - \delta s$ –относительный фазовый сдвиг между p- и s- компонентами света. Эллипсометрические углы ψ и Δ - результаты измерения на эллипсометре при угле падения θ и длине волны света λ. Измеренные эллипсометрические углы функционально связаны с оптическими параметрами исследуемой поверхностной структуры (показателями преломления n и поглощения k подложки и пленки, толщины пленки d и т.д.) $p(ns, ks, nf1\ldots nfn, kf1\ldots kfn, d1\ldots dn, \theta, \lambda) = tg\psi \exp(i\Delta)$, которые определяются из этих углов с помощью математических вычислений. Для количественной характеристики исследуемой системы или для определения ее неизвестных оптических параметров требуется знание модели этой системы. В большинстве случаев задача решается оптимизационными методами, предусматривающими поиск неизвестных параметров по условию наилучшего совпадения эксперимента и результатов моделирования [2].

В ходе работы было проведено эллипсометрическое исследование пленки кремнезема, полученной золь-гель методом. Измерение однослойной модели проходило в режиме накопления, результаты получены в режиме подгонки. Так же провели измерения для чистого предметного стекла.

Полученные в результате измерения данные вносились в режим программы «Подгонка». В этом режиме можно подобрать оптическую модель, задавая границы измерения для параметров оптической модели, так чтобы совместить на номограмме отображение расчета ψ и Δ для оптической модели и данные, полученные в режиме «Накопление». Если измеряемая структура однослойна, то для данных, полученных в режиме «Накопление», можно рассчитать показатель преломления пленки и ее толщину (N, D), толщину пленки при фиксированном значении показателя (Nfix, D), коэффициенты преломления и и поглощения подложки (N, K).

Для многослойной оптической модели программа вычисляет эллипсометрические углы ψ и Δ. При этом можно выбрать любые параметры системы, за исключением длины волны, в качестве параметров вариации. Максимальное число параметров вариации два.

В результате исследования были получены следующие данные:

- Толщина полученных пленок варьируется от 1000 до 2000 нм.
- Размеры шариков лежат в диапазоне 250-300 нм.
- Показатель преломления в разрезе в центре шарика близок к 1, наблюдается два слоя разной толщины. Это может означать, что пленка состоит из частиц

различного размера и то, что микросферы кремнезема являются полыми в центре.

Литература

1. Баженов А.В., Горбунов А.В., Алдушин К.А. оптические свойства тонких пленок из плотноупакованных SiO2-сфер: Физика твердого тела, том 44 вып.6, 2002.-1026 с.

2. Крылова Т.Н., Бохонская И.Ф., Карапетян Г.А. Измерение прозрачных пленок на поверхности стекла эллипсометрическим и спектрофотометрическим методами// Опт. и спектр. – 1980, т.49,вып.4.,стр.802-808.

О.А. Заякин

МЕТОД ТРИАНГУЛЯЦИИ, ВЫВОД ФУНКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МАТРИЧНОЙ ОПТИКИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

В современной индустрии довольно широко применяются методы триангуляции для контроля и измерений геометрических величин. Все усложняющиеся оптические схемы, связанные с применением структурированного освещения, значительно затрудняют вывод функции преобразования. Традиционно эта операция делается с помощью геометрии [1] (у автора есть русский перевод). Это создает сложности при формализации подхода для автоматизации получения искомой функции преобразования [2]. Использование алгебраических методов позволяет преодолеть эти трудности. Однако в инженерной практике эти методы в ряде случаев применять затруднительно из-за недостаточной методической разработки. Как правило, функция преобразования в публикациях приводится без вывода, важные сопутствующие условия также опускаются. Данная работа призвана в какой-то степени помочь в этом деле.

Как принято в оптической триангуляции, наш вывод основан на законах геометрической оптики, при допущении, что и падающий, и отраженный пучки света являются тонкими [3], с. 168. Это означает, что их поперечная ширина не учитывается. В этом случае ход лучей полностью описывается ходом центрального луча, называемого также главной оптической осью пучка.

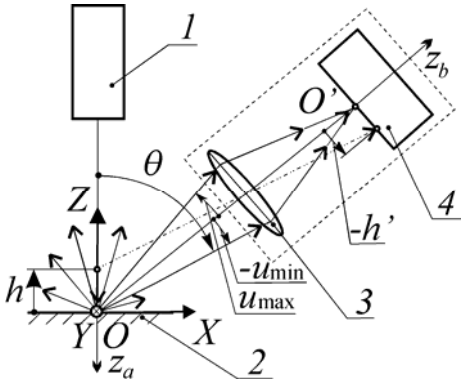


Рис. 1. Схема триангулятора

Рассмотрим оптическую схему триангулятора (см. рис. 1). Пучок света сначала фокусируется источником излучения 1 на контролируемую поверхность 2. Примем, что высота h освещенного локального (точечного) участка контролируемой поверхности отсчитыва-

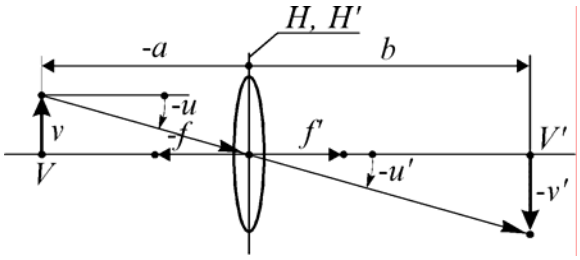
ется против главной оптической оси z_a источника излучения. Затем часть света, рассеиваемого контролируемо поверхностью 2, попадает в объектив 3 приемной оптической системы 3, 4. Угол наклона главной оптической оси z_b этой системы относительно оси «минус z_a» обозначим как θ.

Для описания координат освещенной точки контролируемой поверхности выберем систему декартовых координат XYZ. Расположим ее в точке h=0, ориентируем, как на рис. 1.

Полагаем, что главная оптическая ось объектива 3 проходит через освещенную точку поверхности 2 при h=0. Далее, при нашем выводе используем тот известный факт, что луч, лежащий в главном оптическом сечении объектива (то есть плоскости, проходящей через его главную оптическую ось), после прохождения этого объектива остается в том же сечении.

Для расчета воспользуемся известным способом Гаусса [4] – родоначальника матричной оптики. Ход лучей рассмотрим в плоскости, проходящем через главную оптическую ось (см. рис. 2). Расстояние от точки, через которую проходит луч, до главной оптической оси, обозначим как v. Обозначим угол наклона лучей как u (в радианах).

Освещенная точка поверхности 2 находится в пространстве предметов, а фотоприемник 4 – в пространстве изображений объектива 3. При этом точки предмета и изображения не являются, в общем случае, сопряженными. Для нахождения искомой функции преобразования воспользуемся выражением [4], с. 343, связывающим параметры падающего и отраженного лучей в двух произвольных поперечных сечениях, то есть, в плоскостях, перпендикулярных главной оптической оси.



(VV') - главная оптическая ось; H, H' - главные плоскости линзы, передняя и задняя

Рис. 1 – К выводу матрицы преобразования лучей

Приведем вывод этого выражения.

Матричная формула преобразования луча линзой записывается в общем виде так:

$$\begin{pmatrix} v' \\ u' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A & B \\ C & D \end{pmatrix} \begin{pmatrix} v \\ u \end{pmatrix}. \qquad (2)$$

В (2) и далее штрихом обозначены параметры луча после преобразования в объективе 3.

Преобразование луча в линзе представлено как последовательность трех преобразований: прохождения луча в пространстве от исходной точки до линзы, преломление линзой, прохождение луча от линзы дальше, до конечной точки (см. [5], с. 156). Матрица результирующего преобразования равна произведению матриц составляющих его последовательных преобразований, взятых в обратном порядке:

$$M = \begin{pmatrix} 1 & b \\ 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 0 & 0 \\ -\dfrac{1}{f'} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} 1 & a \\ 0 & 1 \end{pmatrix}, \tag{3}$$

где a - расстояние от начальной точки до линзы; b - расстояние от конечной точки до линзы; f' - заднее фокусное расстояние линзы.

Отметим, что в параксиальном приближении практически выполняются упрощенные формулы, связывающие линейные и угловые величины, подобные следующим:

$$u = \frac{v}{a}, \; u' = \frac{v'}{b}.$$

Отсчет положительных величин a и b идет в направлении луча света вдоль главной оптической оси (см. рис. 2), в соответствии с принятым правилом знаков лучевой оптики. При этом за начало отсчета принимаем главные плоскости линзы, переднюю H - для a и заднюю H' - для b. Примем, что переднее фокусное расстояние собирающей линзы отрицательно, а заднее – положительно. Укажем, что если среда вокруг линзы однородна, то $f = -f'$.

После перемножения матриц в (3) получаем:

$$M = \begin{pmatrix} 1 - \dfrac{b}{f'} & a - \dfrac{a\,b}{f'} + b \\ -\dfrac{1}{f'} & 1 - \dfrac{a}{f'} \end{pmatrix}. \tag{4}$$

Подставляя (4) в (2), получаем для v' следующее выражение:

$$v' = \left(1 - \frac{b}{f'}\right) \cdot v + \left(a - \frac{a\,b}{f'} + b\right) \cdot u, \tag{5}$$

где v - отклонение точки падения луча на фотоприемник от точки пересечения фотоприемника главной оптической осью.

Мы настраиваем свою оптическую схему (рис. 1) так, что при h=0 точки в пространстве предметов и пространстве изображений были оптически сопряженными. Тогда, при h=0, в (5) зависимости от углов нет (это свойство любой линзы или объектива в выбранном нами приближении) и множитель при u в (5) равен нулю.

Переходя к системе координат из рис. 1, получаем при малых h:

$$h \cong \frac{f'}{(f' - b)\sin\theta} h'. \tag{6}$$

Отрицательный множитель при h' получается, потому что изображение объектив дает перевернутое.

Из (5) видно, что даже в использованном нами физическом приближении при $h \neq 0$ точка не изображается точкой, а получается пятно. Это является од-

ним из источников методической погрешности метода триангуляции. Тогда из (5) получаем для функции преобразования:

$$h = \frac{h' - \left[a_0 \left(1 - \frac{b}{f'} \right) + b \right] u}{\left(1 - \frac{b}{f'} \right) \left(\sin\theta - u \cos\theta \right)}. \tag{7}$$

Для оценки нелинейности функции (7) можно предположить, что имеет место симметричный диапазон $[-u_{\max}, u_{\max}]$, и он находится в пределах параксиального приближения, то есть для него можно считать, что $\operatorname{tg} u = u$. Также можно считать распределение мощности света, попадающего на объектив 2, равномерным.

Перепишем (7) в виде, похожим на полином 1-й степени:

$$h = \frac{1}{\left(1 - \frac{b}{f'} \right) \left(\sin\theta - u \cos\theta \right)} h' - \frac{\left[a_0 \left(1 - \frac{b}{f'} \right) + b \right] u}{\left(1 - \frac{b}{f'} \right) \left(\sin\theta - u \cos\theta \right)}. \tag{8}$$

Тогда при сделанных нами предположениях функция (8) остается линейной относительно h'. Отсюда очевидно, что вклад в нелинейность дает возникающая при $h \neq 0$ несимметричность диапазона углов u, как следствие отклонения предметной точки от главной оптической оси. Следует также учесть и закон Ламберта, согласно которому распределение мощности рассеянного света от поверхности пропорционально $\cos\theta$, хотя это влияет в гораздо меньшей степени, чем первый из названных факторов.

Из (8) также видно, что функция преобразования сохраняет линейность в широком диапазоне оптических увеличений, определяемом, в нашей схеме, отношением b/f'. Это, заметим, записано при условии, что b оптически сопряженная с a_0 при $h = 0$.

Итак, приведен вывод функции преобразования триангулятора на основе приближения геометрической оптики и гауссовых тонких пучков с использованием формул матричной оптики. Показано, что она имеет практически линейный вид во всем диапазоне оптических увеличений изображающего объектива, а также при малом относительном отверстии этого объектива, при котором пучок света, попадающий в него, является параксиальным.

Литература

1. Shmidt, K. Berührungslose Optisch Längen- und Abstandsmessung mit Hilfe des Triangulationsverfahrens = Бесконтактные оптические измерения длины и расстояния с помощью триангуляционных методов // Feingerätetechnik. - 1988. – 37, No. 4. – P. 170 – 172. – (Нем.).

2. Буцких, В. А. Методы обработки видеоинформации на основе алгоритмов слепой идентификации в системах с лазерными триангуляционными измерителями [Текст]: дисс. канд. техн. наук: 05.12.13: защищена 14.12.2012: / Буцких Виктор Александрович [Место защиты: Поволж. гос. акад. телекоммуникаций и информатики]. – Самара, 2012. – 152 с.

3. Борн, М. Основы оптики / М. Борн, Э. Вольф; пер. с англ. - Изд. 2-е. - М.: Гл. ред. физ.-мат. лит-ры, 1973. - 720 с.

4. Бутиков, Е. И. Оптика [Текст]: учеб. пособие для вузов / Е. И. Бутиков; под ред. Н. И. Калитеевского. – М.: Высш. шк., 1986. – 512 с.

5. Хаус, Х. Волны и поля в оптоэлектронике [Текст] / Х. Хаус; пер. с англ. – М.: Мир, 1988. – 432 с.

Э.А. Кильметов

ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ МАГНИТОМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И РЕГИСТРАЦИИ ПАРАМЕТРОВ ГЕОМАГНИТНЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

1. Введение

На сегодняшний день, задача регистрации параметров ГМВ частично решается посредством сети *магнитных обсерваторий* – научных учреждений, в которых производятся параметрические наблюдения магнитосферы Земли и необходимые для них астрономические. Зарегистрированные данные по состоянию магнитного поля и ионосферы в свою очередь регулярно направляются в Международные центры, которые находятся в России, США, Дании и Японии, где они тщательно изучаются, обрабатываются и в некоторых случаях становятся доступными широкой аудитории с известным запаздыванием.

2. Моделирование, расчет и построение сенсорного модуля магнитометрической гис

В случае приложения внешнего (исследуемого) магнитного поля $\boldsymbol{H}$, к отдельно взятому АМР-элементу, поле поворачивает вектор намагниченности тонкой магнитной пленки на угол β. Значение β зависит от направления и величины H, при этом сопротивление пермаллоевой пленки оценивается согласно выражению (1), при условии, что $\boldsymbol{H} \ll \boldsymbol{H}_0$, где $\boldsymbol{H}_0$ – подмагничивающее поле[2].

$$R = R_{B=0} + \Delta R\left(1 \quad \left(\frac{H}{H_0}\right)^2\right) = R_{B=0} + \Delta R \cdot cos^2\beta, \tag{1}$$

где $R_{B=0}$ – сопротивление пермаллоевой пленки вне действия магнитного поля; ΔR – максимально возможное изменение сопротивления ($R_{B=0}$=3.8–4.2 %); sinβ=$\boldsymbol{H}/\boldsymbol{H}_0$.

Из выражения (1) легко заметить, что сопротивление *АМР*-элемента квадратично зависит от слагаемого ($\boldsymbol{H}/\boldsymbol{H}0$) при $\boldsymbol{H}_0$=const. Такая квадратичная

зависимость отдаляет выходную характеристику сенсора от желаемого линейного вида. В значительной мере лианеризовать выходную характеристику АМР-элемента возможно, путем задания так называемой «зазубренной» (в оригинале от англ. *barber-pole*) структуры, схематически представленной на рис. 1. В этом случае сопротивление *AMR*-сенсора будет определяться соотношением (2).

$$R = R_{B=0} + \Delta R^2_{\max} \cos(\beta + 45°), \tag{2}$$

где угол 45° соответствует углу наклона пермаллоевых и немагнитных полосок относительно общей ориентации *AMR* -элемента в пространстве (1).

Рис. 1. Структура типа «*barber-pole*» единичного *AMP*-элемента

Таким образом, учитывая, что

$$\cos(\beta + 45°) = \frac{\sqrt{2}}{2}(\cos\beta - \sin\beta),$$

можем записать:

$$R = R_{B=0} \pm \frac{\Delta R_{\max} \cdot H}{H_0} \sqrt{1 - \left(\frac{H}{H_0}\right)^2}. \tag{3}$$

Знак «±» в выражении (3) соответствует одной из возможных ориентаций немагнитных перемычек, т.е. их наклон либо слева направо, либо справа налево (рис. 1).

В случае, когда $\boldsymbol{H} << \boldsymbol{H}_0$ выражение (3) допустимо переписать в виде:

$$R \approx R_{B=0} \pm \frac{\Delta R_{\max} \cdot H}{H_0}. \tag{4}$$

Очевидно, что функциональная зависимость (3) имеет более предпочтительный квазилинейный характер (4), по сравнению с выражением (1).

Рассмотрим соединение единичных АМР-элементов (рис. 1) по принципу полностью дифференциального измерительного моста. Физически, данная структура представляет собой четыре эквивалентных «*barber-pole*» АМР-элемента, сформированных путем осаждения тонкого слоя пермаллоя на подложку в форме квадрата, соединенных по схеме, представляющей из себя плечи измерительного моста (рис. 2). Напряжение, снимаемое с измерительной диагонали моста, будет определяться в соответствии с выражением (5).

$$U = \left(\frac{R_1}{R1 + R_4} - \frac{R_2}{R2 + R_3}\right) U_0, \tag{5}$$

где ***U*** – напряжение, снимаемое с измерительной диагонали моста; R1, R2, R3, R4 – сопротивление плеч измерительного моста (рис. 2); U0 – напряжение питания моста.

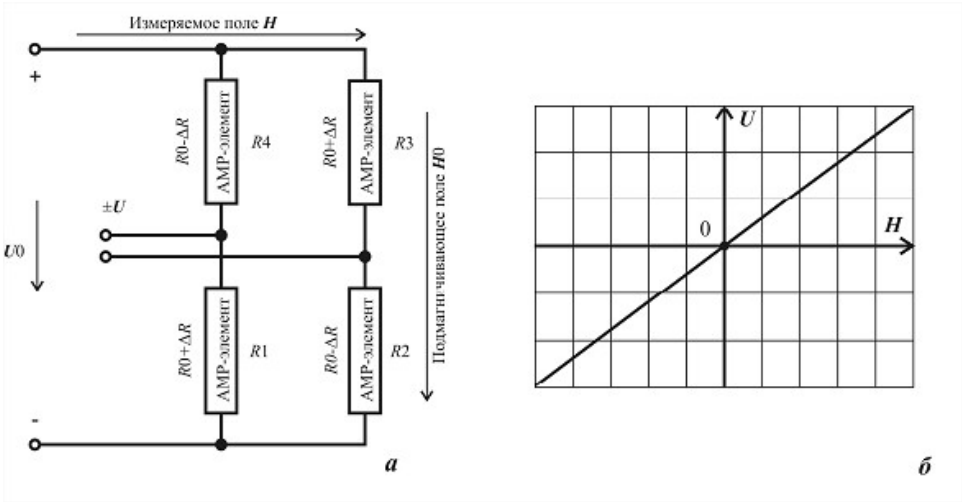


Рис. 2. Мостовая схема соединения AMP-элементов
и ее тесла-вольтная характеристика

Допуская, что все AMP-элементы входящие в состав измерительного моста физически эквиваленты между собой, выражение (5), учитывая выражение (3) и (4) можно переписать в виде выражения (6).

$$U(H) = 2U_0\Delta R_{\max}\left(\frac{H}{H_0}\right)\sqrt{1-\left(\frac{H}{H_0}\right)^2} \approx 2U_0\Delta R_{\max}\left(\frac{H}{H_0}\right). \quad (6)$$

Из выражения (6) очевидно, что напряжение на выходе мостового AMP-сенсора, построенного в соответствии со структурой, приведенной на рис. 2, 3 квазилинейно по своей природе и прямо пропорционально зависит от напряжения питания моста и чувствительно к знаку поля (рис. 2, б). Таким образом, выражение (6) представляет собой универсальную модель мостового AMP-сенсора, учитывающую основные процессы, протекающие в «*barber-pole*» тонких магнитных пленках, имеющую при этом лаконичную форму записи, а потому удобную при инженерно-технических расчетах.

Литература

1. Лукашевич М. Г. Введение в магнитоэлектронику. Минск: издательство БГУ, 2003. С. 39–40.

2. Воробьев А.В. Магнитные материалы и элементы электронных устройств – Уфа: Издательство УГАТУ, 2012. – 154 с.

3. Воробьев А. В., Зигангиров Л.Р. Автоматизированная система управления подмагничиванием прецизионных магниторезистивных измерительных преобразователей // Приборы №4 (130), 2011. – С. 24-27.

4. Analog Devices Методы практического конструирования при нормировании сигналов с датчиков. – М.: Автекс 2003, С. 17 - 20.

5. Воробьев А.В. Математическая модель анизотропного магниторезистивного датчика для инженерных расчетов // Вестник УГАТУ Т.16, №1(46), 2012. – С. 161-166.

6. Воробьев А.В. Синтез и верификация математической модели анизотропного магниторезистивного мостового сенсора // Датчики и системы №5 2012. – С. 40-45

И.А. Лёзин, А.А. Авдиенко

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ И МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ПОИСКА ПРИ ИМПОРТЕ БОЛЬШИХ МАССИВОВ ДАННЫХ

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

Постановка задачи – имеется файл в некотором формате(например, CSV) с записями о сотрудниках организации, которые нужно импортировать в базу данных, предварительно провалидировав и разделив на классы. Записи могут быть невалидными, повторяющимися, уже существующими в базе, новыми, и т.д. Объем файла довольно велик – например, 20000 строк.
Каждая запись содержит M полей, то есть в файле M колонок и N строк. Некоторые колонки используются для поиска дубликатов записей с учетом их приоритета.

Подробнее о возможных сложностях и проблемах:

- в файле могут быть записи вообще без колонок, по которым производится проверка;
- имя задается в 3 колонках, и никто не гарантирует что Фамилия будет стоять в графе "фамилия";
- ни одна из поисковых колонок не уникальна среди записей, уникальность поддерживается только по группе атрибутов;
- естественно импортируется не весь файл разом, а по частям, поэтому непосредственно в момент валидации мы не видим всего файла целиком.

По результатам импорта формируется отчет.

При работе с большими массивами данных особое внимание следует уделить оптимальности алгоритмов обработки с точки зрения быстродействия и затрачиваемой памяти. Некоторые допущения и возможные упрощения, сделанные для сравнительно небольших размерностей решаемой задачи, зачастую неприменимы к достаточно большим объемам входных данных. Особо это касается задач поиска и т.н. алгоритмической классификации, при решении которых зачастую требуется неоднократный просмотр имеющихся входных массивов.

При решении поставленной задачи использовался следующий алгоритм – входной файл полностью разбирается на лексемы и загружается в оперативную память. Уже в процессе загрузки записи валидируются и разделяются на классы

по набору эвристических критериев. Далее записи, уже прошедшие обработку, разделяются на группы, которые при необходимости импортируются в базу данных (batch update); если добавление не требуется, то они просто учитываются при формировании отчета.

Некоторые из использовавшихся принципов и эвристик:

– перебор сочетаний значений колонок, отвечающих за один атрибут, с дальнейшей перестановкой;
– отброс некоторых более приоритетных полей при наличии заполненной комбинации нескольких менее приоритетных;
– повторная проверка записей с целью перестройки конечного решения в случае появления новых дубликатов.

Система достаточно хорошо разделяет входные данные на классы(число ошибок близко к нулю), но быстродействие довольно невелико. Тем не менее, в первом приближении задачу можно считать выполненной. В дальнейшем, планируется применить нейронные сети при решении задачи классификации, что, теоретически, может позволить достигнуть большего быстродействия при той же точности классификации.

И.А. Лёзин, С.А. Кирьяков

МОРФИНГ РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

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

Морфинг (англ. *morphing*, трансформация) — технология в компьютерной анимации, визуальный эффект, создающий впечатление плавной трансформации одного объекта в другой. Используется в игровом и телевизионном кино, в телевизионной рекламе. Встречается втрёхмерной и двухмерной (как растровой, так и векторной) графике.

Для создания эффекта используются как минимум два изображения, на которых художник задаёт в зависимости от использующегося программного обеспечения опорные фигуры или ключевые точки (т. н. маркеры, или метки), которые помогают компьютеру выполнить правильный морфинг, то есть создать изображения промежуточных состояний (интерполируя имеющиеся данные)[1].

Целью работы было написать программу морфинга человеческого лица, загруженного с фотографии, с мордой лошади взятой из заранее составленной базы.

Основные задачи:

1. Составить алгоритм нахождения опорных точк на человеческом лице;
2. Составить алгоритм построения полигональной сетки по имеющимся точкам;

3. Составить алгоритм трансформации полученных полигонов;
4. Составить алгоритм анимации.

Нахождение опорных точек

Для фильтрации цвета кожи использовалось цветовое пространство YCbCr так как оно лишено некоторых недостатков свойственных пространству RGB а менно из за большой глубины цвета в RGB нельзя использовать обычную пороговую фильтрацию. В YCbCr яркость хранится в компоненте Y, а цветовая составляющая (chroma) (сам цвет) — в компоненте Cb как разница по синему и в компоненте Cr как разница по красному. Цвет кожи в такой кодировке лежит в пределах Y = [0, 1] Cb = [–0.15, 0.05] Cr = [0.05, 0.20].

Использую подобного рода пороговую фильтрацию можно отделить лицо человека от фона фотографии. В результате получится двоичное черно-белое изображение, которое маскирует цвет кожи и используется на следующем этапе[2].

Применив к такому изображению методы Собеля можно получить четкие контуры человеческого лица и основных черт(глаза, нос, рот, брови). Метод Собеля заключается в наложении маски на изображение вида[3]:

-1	-2	-1
0	0	0
1	2	1

-1	0	1
-2	0	2
-1	0	1

Построение полигональной сетки

Триангуляцией Делоне позволяет разбить множество точек S на треугольники так что для любого треугольник все точки из S, кроме точек являющиеся его вершинами, лежат вне окружности, описанной вокруг этого треугольника[4].

Трансформация полигонов

Имея полигон из 3 точек и его навые координаты можно составить систему из 6 линейных уровнение, решение которой позволит найти соответствие точек внутри нового полигона точкам старого полигона и установить соответствующий цвет.

$$\begin{cases} k_x^{(1)} x_1 + k_x^{(2)} y_1 + k_x^{(3)} = x_1' \\ k_x^{(1)} x_2 + k_x^{(2)} y_2 + k_x^{(3)} = x_2' \\ k_x^{(1)} x_3 + k_x^{(2)} y_3 + k_x^{(3)} = x_3' \end{cases}$$

$$\begin{cases} k_y^{(1)} x_1 + k_y^{(2)} y_1 + k_y^{(3)} = y_1' \\ k_y^{(1)} x_2 + k_y^{(2)} y_2 + k_y^{(3)} = y_2' \\ k_y^{(1)} x_3 + k_y^{(2)} y_3 + k_y^{(3)} = y_3' \end{cases}$$

Анимация

Имея множество опорных точек на начальном и исходном изображении можно составить для каждой точки ее уровнение движения

$$x_1 = a_x t_0 + b_x$$
$$x_2 = a_x t_k + b_x$$

$$y_1 = a_x t_0 + b_y$$
$$y_2 = a_y t_k + b_y$$

В результате трансформируя каждый полигон в зависимости от времени t можно получить плавную анимацию.

Результатом исследования является программное обеспечение, написанное на языке C#, реализующее морфинг одного изображения в другое по средством установки опорных точек.

Литература

1. Морфинг [Электронный ресурс]. – URL: http://ru.wikipedia.org/
2. wiki/Морфинг (дата обращения: 14.05.2014).
3. FaceLight — распознавание лиц в реальном времени [Электронный ресурс]. – URL: http://blogs.msdn.com/b/rucoding4fun/
4. archive/2010/04/02/facelight-silverlight-4.aspx (дата обращения: 14.05.2014).
5. Алгоритмы выделения контуров изображений [Электронный ресурс]. – URL: http://habrahabr.ru/post/114452/ (дата обращения: 14.05.2014).
6. Триангуляция Делоне [Электронный ресурс]. – URL: http://ru.wikipedia.org/wiki/Триангуляция_Делоне (дата обращения: 14.05.2014).

И.В. Лезина, А.Ю. Заворотков

АППРОКСИМАЦИЯ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ ВОЛЬТЕРРИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

При анализе и интерпретации большого числа массивов числовых и функциональных характеристик широко применяются аппроксимативные методы, суть которых заключается в нахождении подходящего аналитического выражения, которое бы описывало найденные экспериментальные результаты. Аппроксимативный подход оказывается эффективным и при обработке результатов имитационного моделирования (вычислительного эксперимента) [1].

Для решения задачи аппроксимации плотности вероятности была выбрана нейронная сеть Вольтерри, которая является динамической сетью для нелинейной обработки последовательности сигналов, задержанных относительно друг друга [2]. Возбуждением для сети в момент t служит вектор $x = [x_t, x_{t-1}, \dots, x_{t-L}]^T$, где L - количество единичных задержек, а (L+1) означает длину вектора. В соответствии с определением ряда Вольтерри выходной сигнал генерируется по формуле:

$$y(t) = \sum_{i1=1}^{L} w_{i1} x(t-i_1) + \sum_{i1=1}^{L}\sum_{i2=1}^{L} w_{i1i2} x(t-i_1)x(t-i_2) + \sum_{i1=1}^{L}\dots\sum_{ik=1}^{L} w_{i1i2\dots ik} \times x(t-i_1)x(t-i_2)\dots x(t-i_k) \quad (1)$$

где x обозначает входной сигнал, а веса $w_{i1}, w_{i2}, \dots, w_{i1i2..ik}$, называемые ядрами Вольтерри, соответствуют реакциям высших порядков. Порядок полинома Вольтерри K также называется степенью ряда Вольтерри.

Для упрощения структуры сети представленное разложение Вольтерри можно записать в следующей форме:

$$y(t) = \sum_{i1=0}^{L} x_{t-i1}\left[w_{i1} + \sum_{i2=0}^{L} x_{t-i2}\left[w_{i1i2} + \sum_{i3=0}^{L} x_{t-i3}\left[w_{i1i2i3} + \cdots\right]\right]\right] \qquad (2)$$

Каждое слагаемое в квадратных скобках представляет собой линейный фильтр первого порядка, в котором соответствующие веса представляют импульсную реакцию другого линейного фильтра следующего уровня. Количество уровней, на которых создаются фильтры, равно порядку K . На рисунке 1 показано распространение сигналов по сети Вольтерри при ограничении K = 3.

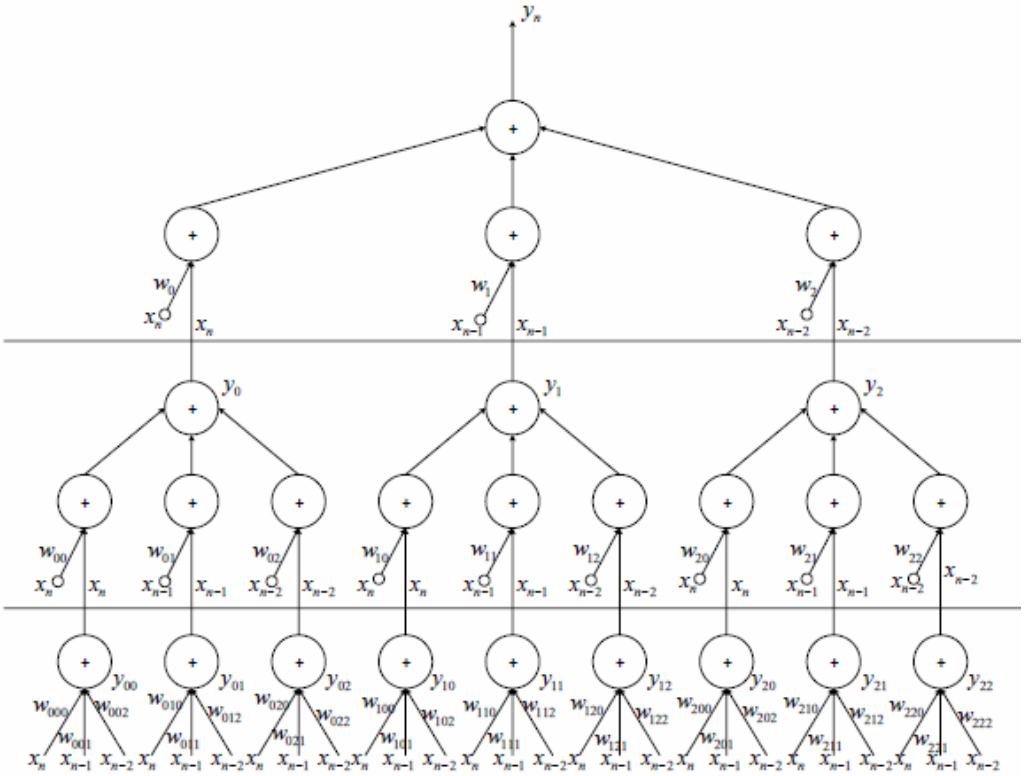


Рис. 1. Граф сети Вольтерри

Система представляет собой структуру типичной многослойной однонаправленной динамической нейронной сети. Это сеть с полиномиальной нелинейностью. Подбор весов производится последовательно слой за слоем, причём эти процессы независимы друг от друга, и, увеличение числа весов в слое и числа самих слоёв в незначительной степени сказывается на обусловленности задачи. Это даёт возможность существенно увеличить длину L и порядок K системы при её практической реализации. Обучение нейронной сети Вольтерри лучше всего приводить с использованием технологии сопряжённых графов.

Возбуждением сопряженного графа служит разностный сигнал $(y_t - d_t)$, где d_t обозначает ожидаемое, а y_t - фактическое значение в выходном узле системы в момент t [3].

После определения конкретных компонентов градиента обучение сети с применением оптимизационного метода наискорейшего спуска может быть сведено к решению дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dw_{i1}}{dt} = -\mu \frac{\partial E}{\partial w_{i1}} \\ \frac{dw_{i1i2}}{dt} = -\mu \frac{\partial E}{\partial w_{i1i2}} \\ \frac{dw_{i1i2\ldots ik}}{dt} = -\mu \frac{\partial E}{\partial w_{i1i2\ldots ik}} \end{cases} \quad (3)$$

где μ - коэффициент обучения.

Важным достоинством метода сопряженных графов считается простота учета равных значений весов в различных ветвях сети.

Для решения задачи аппроксимации плотности вероятности была разработана автоматизированная система, которая использует нейронную сеть Вольтерри. В системе реализованы следующие законы распределения: равномерный, экспоненциальный, нормальный, Симпсона, Арксинуса, Коши, Лапласа, Вейбулла, Релея и sech^2(x). Пользователь может сгенерировать выборку значений выбранной функции случайным образом, установив размер этой выборки, или загрузить из файла. По полученным значениям строится гистограмма, пример которой приведен на рисунке 2:

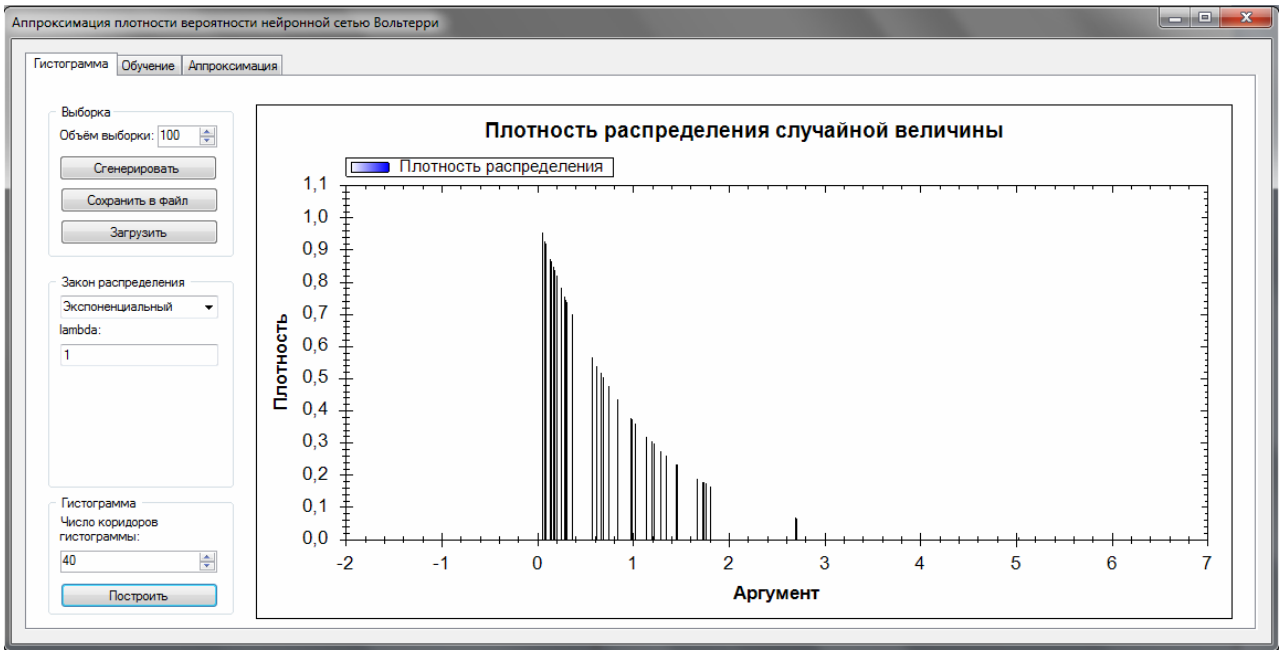


Рис. 2. Пример гистограммы для экспоненциального закона распределения

Входными данными для нейронной сети являются значения точек, отображенных на гистограмме. В системе настраивается количество единичных

задержек входного вектора и порядок полинома Вольтерри, которые влияют на скорость обучения сети, а также число итераций и погрешность обучения. После обучения получаем сеть, которая позволяет аппроксимировать плотность вероятности функции, при этом строятся графики теоретической и рассчитанной функции и находится среднеквадратическое отклонение (СКО). Пример результата обучения сети изображен на рисунке 3.

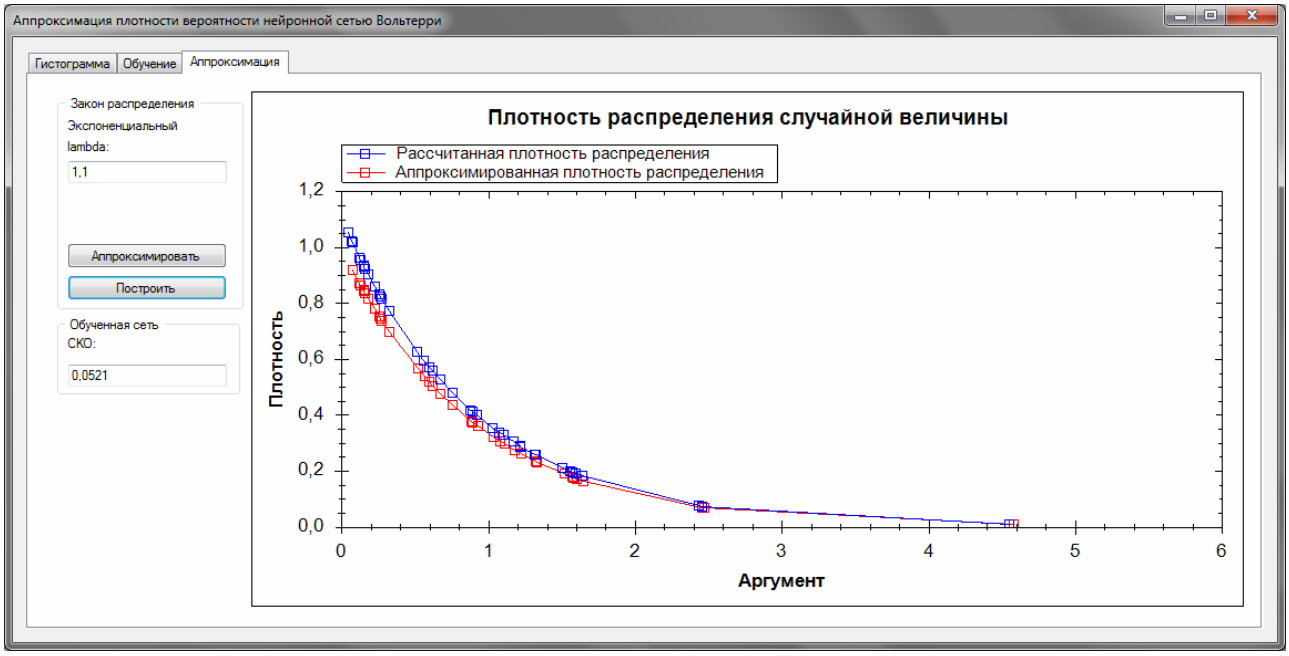


Рис. 3. Результаты аппроксимации

Были проведены исследования сети при различных значениях параметров сети и погрешности обучения. В результате были получены следующие выводы:

1 Коэффициент обучения влияет только на скорость обучения сети. Чем выше коэффициент, тем быстрее обучается сеть;

2 Количество итераций влияет на точность аппроксимации;

3 Количество единичных задержек входного вектора влияет на скорость обучения сети. Чем больше количество задержек, тем быстрее обучается сеть.

Литература

1. Прохоров С.А. Аппроксимативный анализ случайных процессов. – 2-е изд., перераб. и доп. [Текст] / Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2001. 380 с., ил.

2. Осовский, С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344с.: ил.

3. Хайкин, С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание [Текст] / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил.

И.В. Лезина, А.В. Мазаев

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСПОЗНАВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ СИМВОЛОВ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ ХОПФИЛДА

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

С течением времени бумага теряет свои свойства и распадается, поэтому ветхие рукописи и бумажные документы нуждаются в распознавании и сохранении в электронном виде. В связи с этим задача распознавания печатных символов является актуальной.

Одним из методов решения данной задачи является использование нейронных сетей.

Наиболее часто для идентификации символов используется нейронная сеть Хопфилда, относящаяся к классу рекуррентных сетей. Принцип работы этой сети основывается на организации обратных связей между нейронами внутренних слоев (рис.1[1]).

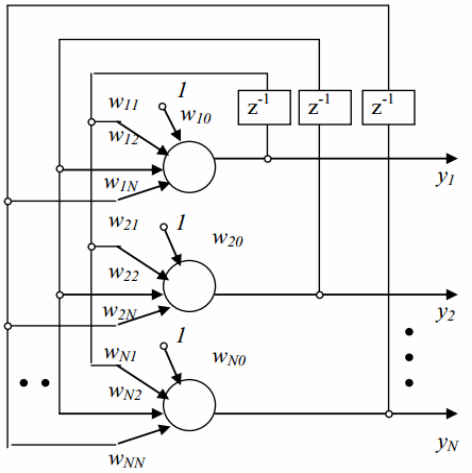


Рис. 1. Структура нейронной сети Хопфилда

Была разработана автоматизированная система распознавания печатных символов нейронной сетью Хопфилда.

Основным элементом сети Хопфилда является матрица весов W. Существует несколько правил обучения данной сети, в работе используются правило Хебба и метод Δ – проекций.

При вводе большого числа обучающих выборок веса подбираются согласно обобщенному правилу Хебба, в соответствии с которым[1]:

$$w_{i,j} = \frac{1}{N}\sum_{t=1}^{p} x_i^{(t)} x_j^{(t)} \qquad (1)$$

где

t – количество обучающих выборок, подаваемых системе;

$x^{(t)}$ – обучающая выборка;
N – количество входов нейронной сети.

Метод Δ – проекций является модифицированным алгоритмом проекций – это градиентная форма алгоритма минимизации целевой функции.

В соответствии с этим способом веса подбираются рекуррентно с помощью циклической процедуры, повторяемой для всех обучающих выборок[1,2]:

$$W - W + \frac{\eta}{N}[X + WX] * X^T \quad (2)$$

где

η – это коэффициент обучения, выбираемый обычно из интервала [0.7 – 0.9];

X – обучающий пример.

Процесс обучения завершается, когда изменение вектора весов становится меньше априорно заданного значения.

По завершении обучения сети ее можно использовать в режиме распознавания изображения. На вход сети подается тестовый пример и рассчитывается его отклик в виде[1]:

$$y(t) = f\big(Wy(t-1)\big) \quad (3)$$

где f(y) – знакопеременная функция вида[1]:

$$f(y) = \begin{cases} 1, y > 0 \\ -1, y < 0 \end{cases} \quad (4)$$

В начальный момент y(0) = x, причем итерационный процесс повторяется для последовательных значений, вплоть до стабилизации отклика.

В процессе распознавания образа по зашумленным сигналам, образующим начальное состояние нейронов, возникают проблемы с определением конечного состояния, соответствующего одному из запомненных образов. Возможны ошибочные решения. Одной из причин нахождения ошибочных решений является возможность перемешивания различных компонентов запомненных образов и формирования стабильного состояния, воспринимаемого как локальный минимум.

Разработанная система работает со следующими графическими образами (рис. 2). Пользователь может задать необходимый ему графический символ и сопоставить его с одним из образцов, находящихся в системе. Примеры распознанных образов приведены на рисунке 3.

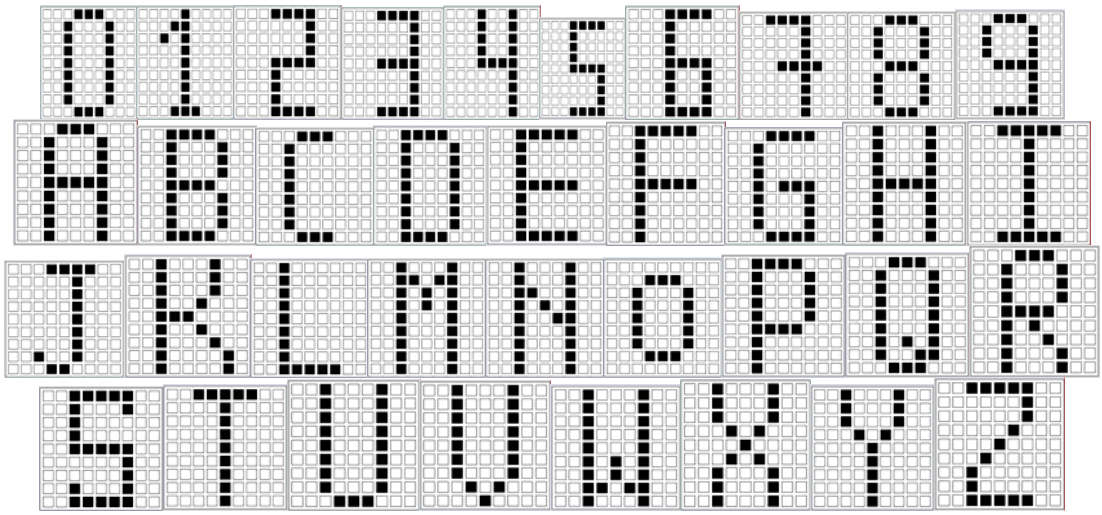


Рис. 2. Образы, которым обучена система

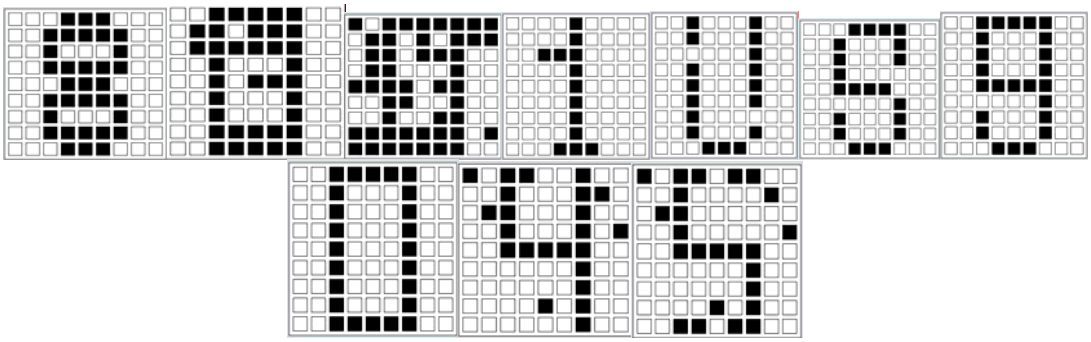


Рис. 3. Примеры подаваемых образов

Окно системы приведено на рисунке 4. Перед пользователем представлено поле, в которое он может ввести изображение для распознавания. В случае с сетью Хопфилда, пользователь может также доучить ее необходимым образцам используя правило Хебба и метод Δ – проекций.

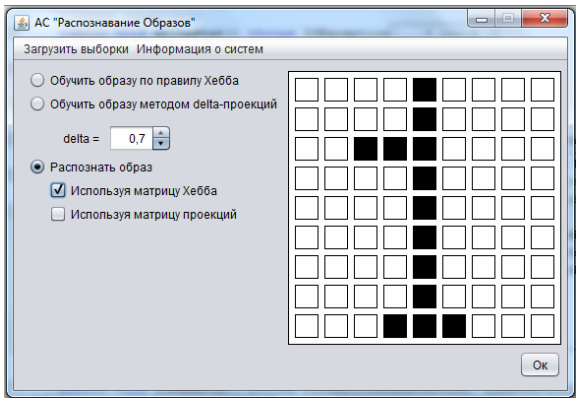


Рис. 4. Рабочая форма программы

Было проведено многократное тестирование системы при различных входных изображениях. По данным проведенного тестирования можно сделать вывод о приемлемом качестве идентификации символов системой, процент верно распознанных символов составляет примерно 70–85%.

Литература

1. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344с.: ил.

2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание [Текст] / Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил.

И.В. Лезина, Д.А. Хасанов

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАДАЧ ДОКУМЕНТООБОРОТА С ПРИМЕНЕНИЕМ РАДИАЛЬНО-БАЗИСНОЙ СЕТИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

При распределении обязанностей/задач между людьми в деловой обстановке чаще всего руководствуются сложностью или важностью задачи, а также прошлым опытом сотрудника при выполнении различных поручений. Для удобства и наглядности было решено разделить весь спектр задач на пять классов по значимости :A,B,C,D,E, где E – самый простой тип задач, A – наиболее трудный. Классификация задач производится по пяти количественным признакам:

- Люди, совместно выполняющие задачу.
- Документы, прикрепленные к задаче.
- Задачи, зависимые от данной задачи.
- Приоритет данной задачи.
- Фактическое время выполнения задачи(часы).

Диапазоны значений признаков представлены в таблице 1.

Таблица 1- Признаки классификации задач

Тип задачи\признак	Люди	Документы	Задачи	Приоритет	Время
A	9-10	8-9	8-9	4	13-15
B	7-8	6-7	6-7	3	10-12
C	5-6	4-5	4-5	2	7-9
D	3-4	2-3	2-3	1	4-6
E	1-2	0-1	0-1	0	1-3

Для решения задачи классификации была выбрана радиально-базисная сеть, представленная на рисунке 1[1]. Она содержит один входной слой, один скрытый слой, состоящий из нейронов, число которых обычно соответствует

числу элементов в обучающей последовательности, и один выходной слой из одного или нескольких нейронов.

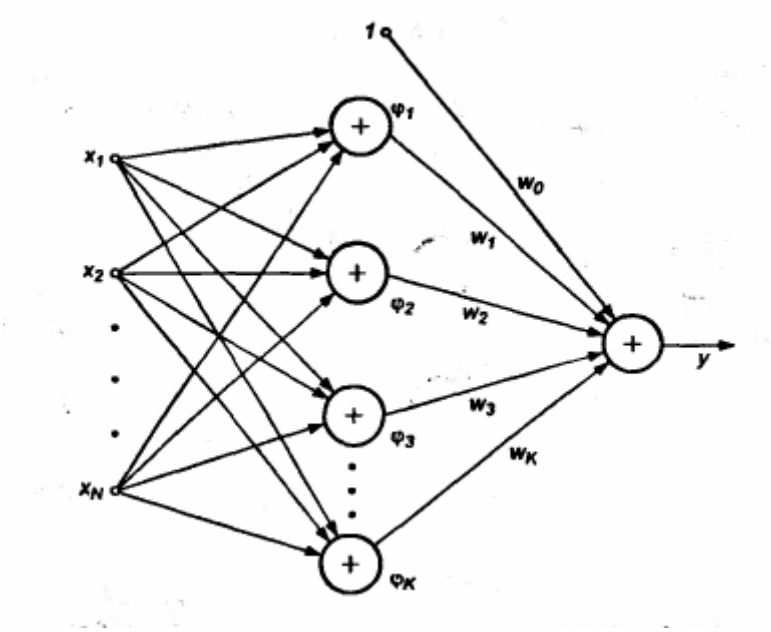


Рис. 1. Структура радиально-базисной сети

Обучение сети производится по алгоритму обратного распространения ошибки[2]. Проблему подбора параметров радиальных функций и значений весов w_i сети можно свести к минимизации целевой функции, которая записывается в форме [1]:

$$E = \frac{1}{2}\sum_{j=1}^{p}\left[\sum_{i=1}^{K} w_i \varphi_i(x_j) - d_j\right]^2.$$

где φ-радиальная функция, p – количество обучающих пар (x_j, d_j), x_j - входной вектор, d_j – соответствующая ему ожидаемая величина, К – количество радиальных нейронов.

Инициализация весов связей производится случайными значениями в диапазоне от 0 до 1, так как при этом для обучения сети требуется наименьшее количество итераций. Обучающая выборка состоит из 100 примеров, сгенерированных на основе таблицы классификации, по 20 примеров на каждый класс.

В данной работе число нейронов входного слоя равно количеству признаков, т.е. пяти, количество нейронов выходного слоя также равно пяти, каждый из них на выходе отображает вероятность принадлежности задачи одному из классов.

Для решения задачи классификации была разработа автоматизированная система на основе радиально-базисной сети. Она представлена на рисунке 2.

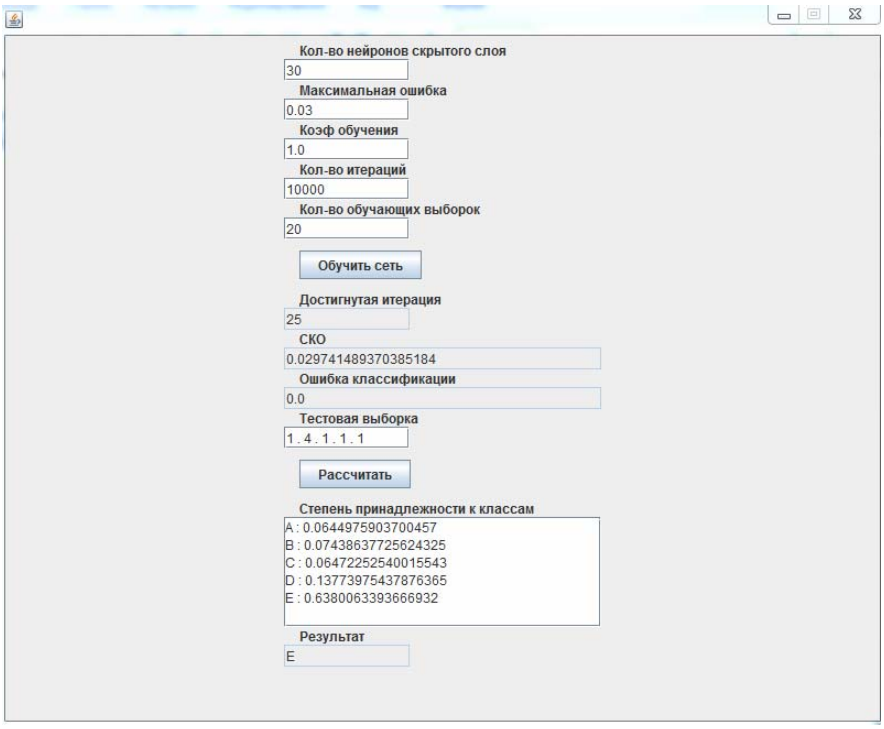


Рис. 2. Разработанная система

Пользователь может задать число скрытых нейронов. При большом их количестве ошибка классификации уменьшается, однако время обучения многократно увеличивается. Задавая максимальную ошибку обучения, пользователь указывает предел, при достижении которого обучение системы прекращается. Коэффициент обучения позволяет регулировать интервал, которым корректируются значения весов при обучении. Количество интераций – максимальное число шагов обучения, после которого обучение прекращается. Также пользователь имеет возможность задать количество обучающих выборок, которые применяются для каждого класса.

В ходе работы были сделаны следующие выводы :

- для решения поставленной задачи классификации достаточно 20 нейронов в скрытом слое. При дальнейшем их увеличении ошибка классификации уменьшается незначительно.
- Размер обучающей выборки - не менее 17 значений.
- Количество итераций обучения сети – не более 5000, т.к. при дальнейшем обучении сеть стабилизируется и отсутствует улучшение каких-либо показателей сети.

Литература

1. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации [Текст]/ Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344с.: ил.

2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание [Текст]/ Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1104 с.: ил.

В.В. Муравьёв, И.А. Лёзин

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ НЕЧЕТКОЙ МНОГОВЫХОДОВОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ВАНГА-МЕНДЕЛЯ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Генетический алгоритм (англ. genetic algorithm) — это эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путём случайного подбора, комбинирования и вариации искомых параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе. Является разновидностью эволюционных вычислений, с помощью которых решаются оптимизационные задачи с использованием методов естественной эволюции, таких как наследование, мутации, отбор и кроссовер. Отличительной особенностью генетического алгоритма является акцент на использование оператора «скрещивания», который производит операцию рекомбинации решений-кандидатов, роль которой аналогична роли скрещивания в живой природе.

Целью работы было обучение нейронной сети с помощью генетического алгоритма на примере нечеткой многовыходовой нейронной сети Ванга-Менделя.

Основные задачи:

1. Исследовать эффективность алгоритма обучения от количества правил вывода.
2. Исследовать эффективность алгоритма обучения от размера популяции.
3. Исследовать эффективность алгоритма обучения от выбранного вида кроссовера.
4. Сравнить генетический алгоритм и алгоритм обратного распространения ошибки.

Так как в нейронных сетях используются вещественные коэффициенты, использовался генетический алгоритм вещественного кодирования.

Алгоритмы вещественного кодирования работают, в общем случае, с непрерывной областью допустимых значений переменных. Данный класс алгоритмов позволяет уменьшить объём вычислительных процедур на каждом шаге эволюции за счёт отсутствия двоично-десятичных преобразований при расчёте значений функций приспособленности и уменьшения размеров хромосом.

Мутация в генетических алгоритмах вещественного кодирования проводится в заданном проценте (доле) от всех генов особей текущего поколения популяции.

$$\widetilde{p} = p \cdot (1 + (-1)^{\alpha} \cdot \Delta),$$

где α – случайное двоичное значение (0 или 1); Δ – заданная величина в пределах (0; 1).

Наиболее важными генетическими операторами вещественного кодирования следует считать разновидности вещественного кроссовера.

Пусть $P = (p_1, p_2, \ldots, p_n)$ и $Q = (q_1, q_2, \ldots, q_n)$ – две особи популяции, выбранные для проведения кроссовера, причём приспособленность первой особи лучше, чем приспособленность второй.

В данной работе использовались следующие виды кроссовера:

- Плоский кроссовер:

$$h_i \in [\min(p_i, q_i), \max(p_i, q_i)] \; \forall i = \overline{1, n}$$

- Арифметический кроссовер (λ – заданная константа):

$$h_i = \lambda \cdot p_i + (1 - \lambda) \cdot q_i,$$
$$g_i = \lambda \cdot q_i + (1 - \lambda) \cdot p_i,$$

- Дискретный кроссовер:

$$h_i \in \{p_i, q_i\} \; \forall i = 1, n$$

- Расширенный кроссовер (α - заданная константа):

$$h_i \in [\min(p_i, q_i) - D_i \cdot \alpha, \max(p_i, q_i) + D_i \cdot \alpha], \; D_i = |p_i - q_i|$$

- Эвристический кроссовер (α – заданная константа)

$$h_i = \alpha \cdot (p_i - q_i) + p_i,$$

В данной работе генотипом сети считался вектор коэффициентов всех нейронов сети, записанных в определенном порядке.

Тестирование проводилось на тестах классификации ирисов Фишера.

1. Количество продукционных правил вывода.

Характеристики системы при тестировании: кроссовер - расширенный с коэффициентом 0.5, размер популяции - 10, алгебры – Гёделя и Гогена.

Были протестированы следующие количества продукционных правил вывода: 3, 5, 7. Выяснено, что при увеличении количества продукционных правил растет время обучения сети, но минимальное значение СКО тестирования практически не изменяется, из чего сделан вывод о целесообразности использования количества продукционных правил вывода, равного 3.

2. Размер популяции

Характеристики системы при тестировании: кроссовер - расширенный с коэффициентом 0.5, количество правил вывода - 3, алгебры – Гёделя и Гогена.

Были протестированы следующие размеры популяции: 5, 10, 20. Выяснено, что при малых размерах популяции наблюдается нестабильность результатов, при увеличении размера популяции результаты стабилизируются. Увеличение размеров популяции положительно влияет на СКО тестирования, но увеличение размера популяции с 10 до 20 не является выгодным, так как при небольшом уменьшении минимального СКО время обучения увеличивается в 2 раза, поэтому целесообразным выглядит использование размера популяции, равного 10.

3. Вид кроссовера и его коэффициент.

Характеристики системы при тестировании: размер популяции - 10, количество правил вывода - 3, алгебры – Гёделя и Гогена.

Были протестированы все виды описанных выше кроссоверов, лучший результат показал расширенный кроссовер с коэффициентом 0.5, чуть выше результат показал дискретный кроссовер. Остальные кроссоверы показали результат хуже, но практически одинаковый для всех.

4. Сравнение алгоритмов обучения

Характеристики системы при тестировании:

- Генетический алгоритм: кроссовер – расширенный с коэффициентом 0.5, размер популяции – 10, количество правил вывода – 3, алгебры – Гёделя и Гогена.
- Алгоритм обратного распространения ошибки (ОРО): шаг обучения – 0.01, количество правил вывода – 3, алгебры – Гёделя и Гогена.

Сеть обучалась в течение 10000 итераций. Выяснено, что генетический алгоритм не уступает «стандартному» алгоритму обратного распространения ошибки, но ведет себя более стабильно: графики значений на выходах сети при обучении генетическим алгоритмом состоят из практически ровных линий с несколькими крупными скачками, обозначающими ошибки тестирования. При обучении с помощью ОРО графики значений на выходах нестабильны, колебания могут составлять до 30%.

Литература

1. Осовский С., Нейронные сети для обработки информации [Текст] /С.Осовский, пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344с.

2. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечёткие системы [Текст] /Д. Рутковская, пер. с польского И.Д. Рудинского. - М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 452 с.

3. Новак В., Перфильева И., Мочкорж И. Математические принципы нечеткой логики [Текст] /В. Новак, пер с англ.; под ред. Аверкина А. Н. – М.:Физматлит, 2006. – 352 с.

4. Борисов В. В., Круглов В. В., Федулов А. С. Нечеткие модели и сети [Текст] – М.:Горячая линия – Телеком, 2007. – 284 с.

5. Солдатова О.П. Многофункциональный имитатор нейронных сетей [Текст] / О.П.Солдатова.– Международный журнал «Программные продукты и системы» – Тверь, 2012. – Вып. 3. – С. 27-31.

6. UCI Machine Learning Repository [Электронный ресурс] – – http://archive.ics.uci.edu.

7. Дударов С. П. Математические основы генетических алгоритмов: учеб. Пособие [Текст] / С. П. Дударов. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. – 56 с.

Т.Е. Нагорнова, М.Н. Елунин, С.А. Пиявский

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПАР «ШЕФ – ПОДШЕФНЫЙ» В МАТРИЧНОЙ СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Неотъемлемой функцией высшей школы на сегодняшний день является ведение науно-исследовательской деятельности, в которой задействованы и студенты, и преподаватели соответствующих кафедр. Информатизация научно-исследовательской деятельности открывает новые возможности и перспективы. Для массового вовлечения студентов в исследовательскую деятельность необходимо иметь алгоритм формирования студенческих научных коллективов. Наиболее интересной и успешно реализованной на факультете ИСТ СГАСУ является предложенная проф. С.А. Пиявским концепция матричной структуры студенческого коллектива [1]. Основной идеей матричной структуры является то, что студент одновременно состоит в двух коллективах: учебной группе и научной группе. Научные группы формируются по принципу «шефства», т.е. студенты старших курсов руководят научной работов младшекурсников, а работу всей научной группы курирует опытный преподаватель.

Подбор пар «шеф – подшефный» является сложным, интеллектуальным процессом, целью которого является получение наиболее эффективных и слаженных научных групп студентов. Он осуществлялся группой преподавателей во главе с заведующим кафедрой. Для оптимизации и автоматизации данного процесса на кафедре ПМиВТ был разработан математический аппарат для формирования пар «шеф – подшефный».

Построение оптимальной наиболее эффективной структуры научных групп, посредством распределения студенческих пар «шеф – подшефный» происходит с помощью разработанного алгоритма, состоящего в последовательном решении ряда взаимосвязанных однокритериальных задач линейного программирования.

Оптимальная модель включает в себя максимизацию трех количественных характеристик:

1. средняя эффективность матричной структуры;
2. гарантированный уровень эффективности каждой пары матричной структуры;
3. гарантированная эффективность деятельности наиболее перспективных пар.

Основополагающей для расчета эффективности научной пары студентов является система критериев и требований, предъявляемых к качеству формируемой матричной структуре. Система критериев, выявляющих как профессиональные и учебные компетенции студентов, так и их личностные, психологические характеристики была подробно рассмотрена в [2].

Основные соотношения и условные обозначения модели распределения пар «шеф – подшефный»:

i – номер подшефного i = 1,…,n.

j – номер шефа j=1,…,m.

f_{ij} – эффективность взаимодействия пары студентов i, j, f_{ij} □ [0,1], расчитывается по формуле (1).

z_q – численное значение критерия q=1..8.

p_s – группа важности психологической характеристики в соответствии с политикой свертки.

V_{prinn} – числовой модуль, показывающий насколько важность критерия принадлежавшего к более значимой группе важности превосходит критерий принадлежащий к меньшей по значимости группе. В методе ПРИНН [3] обосновано, что $V_{prinn} = 3$.

u_{ij} – признак включения пары обучаемых с номерами i, j, в оптимальное распределение. $u_{ij} = 1$ – пара включена в распределение , 0 – нет.

t – количество наиболее перспективных пар.

x_{ij} – признак включения пары ij в число наиболее перспективных, x_{ij} =1 или 0.

f_{min} – наиболее низкая эффективность из пар, вошедших в оптимальное распределение.

f_{max} – значение эффективности, выше которого пара признается наиболее перспективной.

f_{cp} – средний уровень эффективности всех пар в распределении (2).

$$f_{ij} = \frac{\sum_{q=1}^{8} V_{prinn}^{p_{si}-1} z_{qij}}{\sum_{q=1}^{8} V_{prinn}^{p_{si}-1}} \tag{1}$$

$$f_{cp} = \frac{1}{n}\sum_{i}\sum_{j} f_{ij}u_{ij},\ i = 1,...,n,\ j = 1,...,m \tag{2}$$

Далее для упрощения расчетов вводятся переменные $q = \frac{1}{f_{\min}}$, $w = \frac{1}{f\max}$. У каждой из переменных f_{cp}, q и w есть минимально и максимально возможные значения, обозначаемые, соответственно, символами черты и галочки.

Вместо переменных $f_{cp}, f_{\min}, f_{\max}$ вводятся нормированные переменные $\varphi_{cp}, \varphi_{\min}, \varphi_{\max}$, значения которых изменяются от 0 до 1, и определяются соотношениями (3), (4) и (5).

$$\varphi_{cp} = \frac{1}{(\bar{f}_{cp} - \hat{f}_{cp})}\left[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} f_{ij}u_{ij} - \hat{f}_{cp}\right] \tag{3}$$

$$\varphi_{\min} = 1 - \frac{q - \bar{q}}{\hat{q} - \bar{q}} \tag{4}$$

$$\varphi_{\max} = 1 - \frac{w - \overline{w}}{\hat{w} - \overline{w}} \quad (5)$$

Исходя из формул (4) и (5) значения для q и w преобразуются в (6) и (7).

$$q = (1 - \varphi_{\min})(\hat{q} - \overline{q}) + \overline{q} \quad (6)$$

$$w = (1 - \varphi_{\max})(\hat{w} - \overline{w}) + \overline{w} \quad (7)$$

Окончательно задача оптимального формирования пар «шеф – подшефный» среди студентов двух конкретных курсов сводится к решению задачи линейного программирования.

$u_{ij},\ x_{ij}, i = 1,...,n, j = 1,...,m$ - булевые переменные, подлежащие оптимизации из условия максимизации комплексной эффективности распределения (8).

$$F_r = \frac{U_{prinn}\varphi_{cp} + \varphi_{\min} + \varphi_{\max}}{U_{prinn} + 2} \to \max \quad (8)$$

Используемые ограничения:

У каждого подшефного должен быть один шеф (9).

$$\sum_{j=1}^{m} u_{ij} = 1,\ i = 1,..., n \quad (9)$$

Каждый шеф имеет одного или двух подшефных (10).

$$1 \le \sum_{i=1}^{n} u_{ij} \le 2,\ j = 1,..., m \quad (10)$$

Количество перспективных пар (11) и, соответственно, включение их в оприманьное распределение (12).

$$\sum_{j}\sum_{i} x_{ij} = t \quad (11)$$

$$x_{ij} \le u_{ij},\ i = 1,...,n, j = 1,...,m \quad (12)$$

Ограничение на миниальную эффективности распределения (13).

$$u_{ij} \le f_{ij}((1 - \varphi_{\min})(\hat{q} - \overline{q}) + \overline{q}),\ i = 1,...,n, j = 1,...,m \quad (13)$$

Ограничение на значение эффективности, выше которой пара признается перспективной (14).

$$x_{ij} \le f_{ij}((1 - \varphi_{\max})(\hat{w} - \overline{w}) + \overline{w}), i = 1,...,n, j = 1,...,m \quad (14)$$

Данный математический аппарат положен в основу построения оптимального распределения студенческих научных пар «шеф – подшефный» в рамках разработки информационной системы распределения пар. В [2] представленна диаграмма вариантов использования данной системы, разработанная по методологии UML.

Система «Распределение пар «шеф – подшефный» предоставляет следующий функционал:

1. Ведение справочной информации о рейтинге успешности студентов, населенных пунктах, школах и хобби. Доступ к справочной информации имеет только Администратор системы.
2. Формирования и выдача отчетов:
   1) отчет по формированию распределения пар «шеф – подшефный»
   2) отчет по мониторингу прохождения психологических тестов и опросов, используемых в системе;
   3) сравнительный отчет распределения пар «шеф – подшефный» по семестрам для выбранного курса;
   4) отчет о распределении по курсу и по отдельному студенту.

Система формирования пар «шеф – подшефный» позволит автоматизировать процесс формирования матричной структуры студенческого коллектива для совместного занятия научно-исследовательской деятельностью, а также сформирует пары наиболее оптимальным способом с наилучшим показателем эффективности, учитывая все критерии и требования, являющиеся необходимыми для этого. Исходные данные для работы системы берутся из базы данных, содержащей результаты тестирования и опросов студентов.

Система разработана на языке C# с использованием технологии ASP.NET MVC3. В качестве базы данных использовался Microsoft SQL Server 2008 r2.

Результаты работы внедрены в учебный процесс факультета информационных систем и технологий самарского государственного архитектурно-строительного университета.

Литература

1. Елунин М.Н., Пиявский С.А. Управление студенческим научным микроколлективом в матричной структуре // Высшее образование в России, №11, 2013 – с. 148-152.

2. Нагорнова Т.Е., Елунин М.Н. Автоматизированная система распределения пар «шеф-подшефный» по совокупности ряда критериев на основе линейного программирования [Текст] // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2013). – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2013. – С. 71-73.

3. Пиявский С.А. Технология ПРИНН для моделирования слабо структурированных систем // Информационные технологии в моделировании и управлении: Труды II Международной научно-пректической конференции. - Санкт-Петербург, 2000. - С.295-297.

А.О. Новиков, Н.Г. Чернобровин

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕЛЕМОНИТОРИНГА И ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫМИ СИСТЕМАМИ ЖКХ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Необходимость модернизации системы коммунального хозяйства обусловила актуальность создания современных технологий диспетчеризации инженерных систем ЖКХ на основе SCADA систем телемониторинга и телеуправления с использованием беспроводных технологий передачи данных, обеспечивающих:

– эффективное управление комплексом удаленных объектов (модульные мини-котельные и тепловые пункты, водозаборы, станции водоподъема канализационные станции и очистные сооружения);
– повышение надежности и безопасности технологического процесса за счет непрерывного контроля в режиме реального времени и оперативного включения резерва.

Система предназначена для автоматического управления и контроля работы технологического оборудования удаленных объектов с центрального диспетчерского пульта (ЦДП).

Функции системы:

1. Управление технологическим оборудованием удаленных объектов в местном и дистанционном режимах;
2. Передача в ЦДП параметров состояния оборудования, аварийных сообщений;
3. Контроль несанкционированного доступа;
4. Контроль температурного режима и состояния атмосферы в помещении, например, загазованности по CO и метану в котельной;
5. Архивация всех полученных параметров;
6. Отображение значений контролируемых параметров в графическом виде.

Основные характеристики системы автоматизации:

1. Система реализована на базе программируемого логического контроллера и модулей расширения семейства SIMATIC S7-200;
2. Количество аналоговых сигналов телеметрии – 8;
3. Количество дискретных сигналов телеметрии – 200;
4. Количество аналоговых сигналов телеуправления – 8;
5. Количество дискретных сигналов телеуправления – 50;
6. В качестве системы визуализации используется SCADA-система WinCC компании Siemens;
7. Для обмена данными используются беспроводные линии связи:
   - Технологическая сеть обмена данными повышенной надежности и живучести реализуется на базе выделенного

радиоканала УКВ-диапазона с использованием радиомодемов Guardian, поддерживающих протокол Mod Bus RTU в режиме реального времени.

- Сети передачи данных диапазона частот 2,4 ГГц в стандартах Wi-Fi, Zig Bee.
- Беспроводные системы передачи данных TELEOFIS (GSM модемы с последовательными интерфейсами RS-232/RS-485 и USB, GPRS терминалы с интерфейсами RS-232/RS-485, реализующие прозрачный GPRS –канал.

Работа системы возможна в режимах местного и дистанционного управления. Режим местного управления предназначен для проведения текущего обслуживания технологического оборудования. Система осуществляет только функции мониторинга и записи параметров. В режиме дистанционного управления из ЦДП возможно управление всем комплексом технологического оборудования удаленного объекта. Так, например, в котельной система позволяет запускать котлы на розжиг, останавливать и задавать режимы работы горелок. В случае «аварии» горелки оператор имеет возможность осуществить сброс ошибки. Система позволяет производить диагностику оборудования.

Внедрение системы позволяет реализовать работу объектов инженерной инфраструктуры ЖКХ по безлюдной технологии, обеспечивая также значительный социальный эффект:

- бесперебойность оказания услуг населению;
- улучшение условий труда и безопасности персонала объектов;
- повышение привлекательности профессии работника ЖКХ для молодежи.

А. Н. Полушин, И.И. Ханнанов, А.О. Дмитриев

ОПТИМИЗАЦИЯ КООРДИНАТНОГО ПРОСТРАНСТВА ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОГО СТАНКА С СИСТЕМОЙ ЧПУ SINUMERIK 802D

(Казанский национальный исследовательский технический университет
им. А.Н. Туполева – КАИ)

В связи с повышенной трудоемкостью технологической наладки, возникла необходимость исследования координатного пространства токарно-револьверного станка с системой ЧПУ Sinumerik 802 D, установленного после штатной пусконаладки фирмой поставщиком. Данная работа посвящена упрощению технологической наладки, в частности определению нулевой точки программы (детали) относительно нулевой точки станка. Цель работы исследовать координатное пространство токарно-револьверного станка с системой ЧПУ Sinumerik 802 D, установленного после штатной пусконаладки фирмой постав-

щиком, определить нулевую точку программы (детали) относительно нулевой точки станка и произвести переопределение системы координат.

Основной проблемой токарно-револьверного станка с ЧПУ Sinumerik 802 D является технологическая наладка, выполняемая при запуске новой номенклатуры деталей. После штатной пуско-наладки фирмой- поставщиком технологическая наладка при запуске новой номенклатуры детали является трудоемкой. Как известно, программирование обработки на станках с ЧПУ осуществляется в системе координат программы, которую обычно совмещают с системой координат детали. Для идентификации запрограммированных (в управляющей программе) и фактических относительных положений инструмента и заготовки детали при отработке УП должно учитываться смещение начала координат программы относительно нулевой точки станка. Указанное смещение определяется в процессе технологической наладки станка с ЧПУ, вводится в память устройства ЧПУ, считывается и учитывается при отработке УП.

Положение нулевой точки станка обычно определяется установками, выполненными при начальной пуско-наладке системы ЧПУ.

При оптимальном положении нулевой точки в координатном пространстве токарно-револьверного станка с ЧПУ можно существенно уменьшить трудоемкость технологической наладки, выполняемой при запуске новой номенклатуры деталей.

Мы выполнили ряд экспериментов и работ для того, что бы уменьшить трудоемкость технологической наладки, одна из которых (самая оптимальная) описана ниже.

На рис. 1 показано координатное пространство токарно-револьверного станка с системой ЧПУ Sinumerik 802D, установленное при пусконаладке станка фирмой-поставщиком. Начало отсчета MR системы координат станка XMRMRZM (от которого система ЧПУ отсчитывает координаты текущего положения револьверной головки XMR,ZMR как координаты ее базовой точки F) устанавливается реферированием, выполняемым для обеспечения единообразного начала отсчета после каждого включения станка с инкрементальными датчиками обратной связи. В эту точку физически выходит револьверная головка (ее базовая точка F) на завершающем этапе реферирования, поэтому эта точка выбирается вне зоны размещения заготовки детали. Координаты XMRW, ZMRW определяют смещение нулевой точки детали (программы) W относительно нулевой (референтной) точки станка, они должны быть определены и введены в память устройства ЧПУ перед отработкой УП, при этом смещение по оси ZMR каждый раз приходится определять и устанавливать в процессе технологической наладки перед запуском новой номенклатуры деталей.

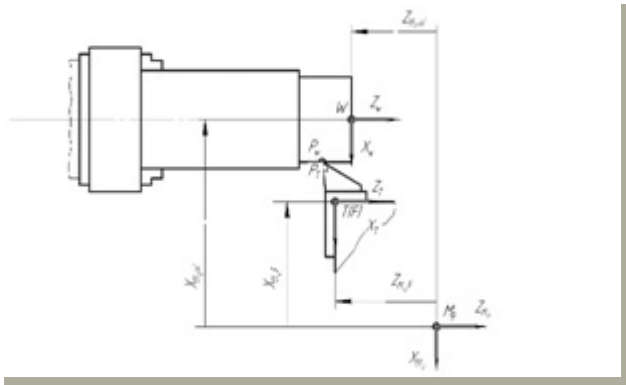


Рис. 1

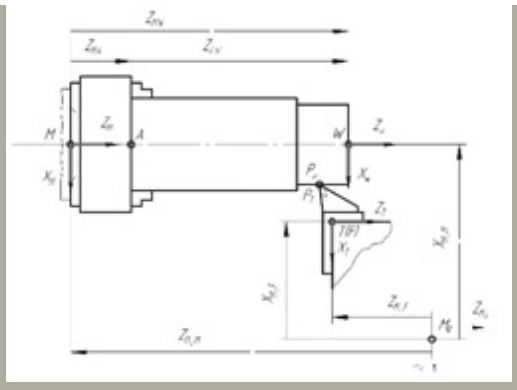


Рис. 2

Целесообразно нулевую точку станка установить в точке пересечения торцем шпинделя с его осью. Таким образом оптимизацию координатного пространства осуществили переопределением нулевой (референтной) точки станка MR относительно точки M пересечения базового торца шпинделя с его осью (рис. 2) с тем, чтобы точка M стала нулевой точкой станка. Относительно точки M непосредственно определили положение станочного приспособления (патрона) и заготовки детали.

Далее определили смещение точки M относительно точки MR. Для этого было необходимо рассмотреть условие совмещения базовой точки инструмента PT с некоторой точки PW заготовки детали (рис. 2). Точка PT определена в системе координат инструмента XT T ZT, а точка PW – в системе координат детали (программы) XWW ZW. Мы использовали известные правила преобразования систем координат и записали:

XMRPW=XWPW+XMW+XMRM, XMRPT=XTPT+XFT+XMRF;

ZMRPW=ZWPW+ZMW+ZMRM, ZMRPT=ZTPT+ZFT+ZMRF.

Из условия совмещения точек PW и PT (XMRPW=XMRPT,ZMRPW=ZMRPT), опуская слагаемые с заведомо нулевыми значениями, получили выражения, определяющие смещение нулевой точки станка M относительно нулевой (референтной) точки MR:

XMRM=XTPT+XMRF -XWPW (1)

ZMRM=ZTPT+ZMRF-(ZWPW+ZMW) (2)

Для определения смещения согласно (1) и (2) использовали встроенное программное обеспечение системы ЧПУ Sinumerik 802D токарно-револьверного станка, на рис. 3 показаны его диалоговые окна. В строку Save in занесли (в виде подготовительных функций из группы G54-G59) адрес области памяти параметров УЧПУ, в которую были занесены установленные координаты смещения начала отсчета.

Для определения смещения начала отсчета XMRM (рис. 2) произвили обточку заготовки детали (диаметр обработки произвольный) и затем в поле Distance (рис. 3,а) занесли фактический радиус обработанной детали. После директивы Set work offset в системе ЧПУ автоматически рассчиталось по выражению (1) смещение начала отсчета XMRM и отобразились в поле Offset диалогового окна, а также автоматически занеслись в адресуемую область памяти параметров УЧПУ. При этом в качестве XMRF считывается текущая координата

револьверной головки, отображаемая в поле X1 диалогового окна, в качестве XTPT– значение вылета Length1 (со знаком минус) рабочего инструмента, номер которого отображен в поле T диалогового окна, а в качестве XWPW– радиус обработанной детали, занесенный в поле Distance диалогового окна.

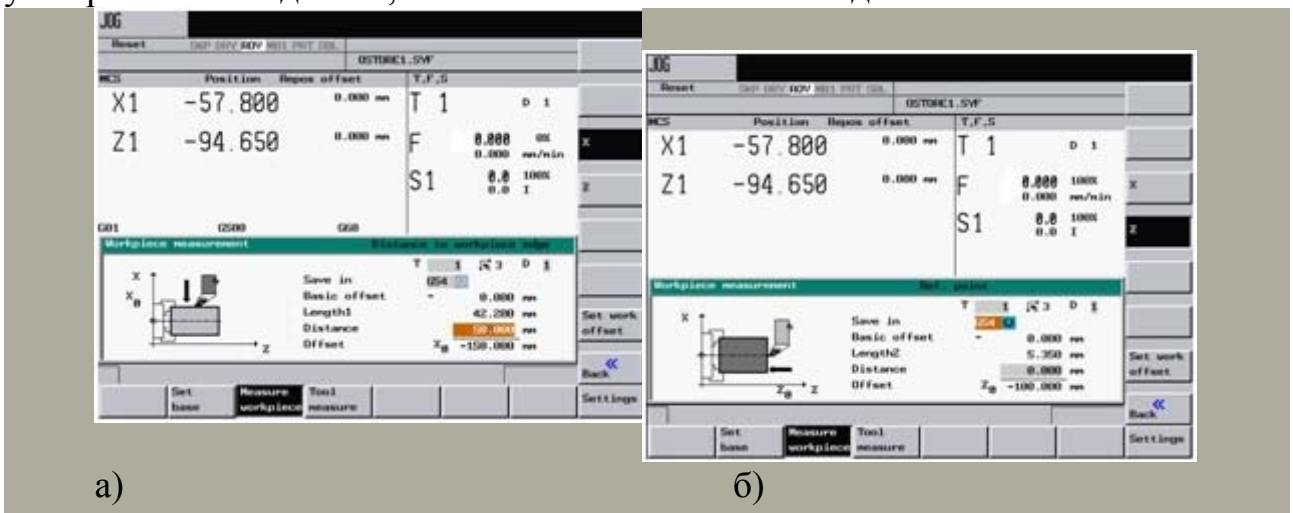


Рис. 3

Для определения смещения начала отсчета ZMRM произвели подрезку торца (рис. 3, б), который был принят в качестве координатной плоскости ZW=0. Параметр Distance здесь определяет положение подрезаемого торца относительно плоскости ZM =0 (рис. 2), то есть этому параметру следует придать значение (ZWPW+ZMW) , при этом ZWPW=0, а ZMW=ZMA+ZAW – определяется схемой базирования заготовки детали в станочном приспособлении (патроне). После директивы Set work offset в системе ЧПУ автоматически рассчитывался по выражению (2) смещение начала отсчета ZMRM и отобразился в поле Offset диалогового окна, а также автоматически записалась в адресуемую область памяти параметров УЧПУ окна, а также автоматически записалась в адресуемую область памяти параметров УЧПУ.

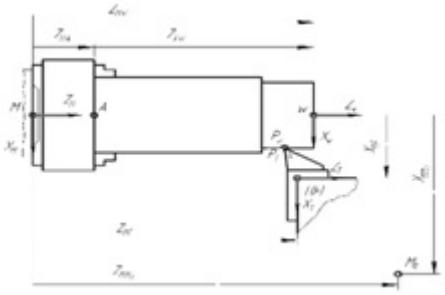


Рис.4

На заключительном этапе инверсные значения рассчитанных координат XMRM и ZMRM смещения занесли в качестве параметра машинных данных MD 34100[0] системы ЧПУ Sinumerik 802D. Этими машинными данными произвели переопределение позиции револьверной головки, находящейся в нулевой (референтной) точке MR, как позиции с координатами XMMR и ZMMR , отсчитываемыми уже относительно начала отсчета M (рис. 4). В результате координаты текущих позиций револьверной головки при отработке управляющей программы будут отсчитываться от начала отсчета M. Технологическая наладка

по согласованию систем координат при запуске новой номенклатуры деталей упростилась и заключалась лишь во вводе в область памяти параметров устройства ЧПУ в качестве смещения нулевой точки детали (программы) ZMW которая заранее была известной по условиям базирования заготовки детали в станочном приспособлении (патроне) величины ZMW=ZMA+ZAW (3)

Выводы: В результате проделанных нами экспериментов и работ технологическая наладка при запуске новой номенклатуры деталей упростилась и заключалась лишь во вводе в область памяти параметров устройства ЧПУ координаты Z, смещение нулевой точки W, относительно M, которое заранее известно и определяется по элементарной формуле (3).

Литература

1. Брон Л. С, Земляной В. В. Переналаживаемые автоматические линии. М.: НИИмаш, 1982. 32 с.
2. Долматовский Г. А. Справочник технолога по обработке металлов резанием. М. : Машгиз ,1962. 1240 с.
3. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К. и др.: «Справочник технолога-машиностроителя.», т.2,М.,Маш-е,1986г.,496с.
4. Наладка станков с программным управлением/А. Н. Ковшов, В. А. Ратмиров, И. А. Вульфсон и др. М.: Высшая школа, 1976. 280 с.
5. Прогрессивные режущие инструменты и режимы резания металлов: Справочник / Под ред. В. И. Баранчикова . М. : Машиностроение , 1990.,400.с
6. Справочник технолога-машиностроителя. Т. 2.Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. М.: Машиностроение , 1985. 496.с

С.А. Прохоров, Я.В. Соловьева

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ И АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ АППРОКСИМАТИВНОГО КОРРЕЛЯЦИОННО-СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА В ОРТОГОНАЛЬНОМ БАЗИСЕ БЕССЕЛЯ

(Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет))

В настоящее время для решения задач статистического анализа и обработки данных на рынке программных продуктов наиболее часто используются такие системы компьютерной математики, как STATISTICA, Maple, MATLAB, Mathematica и другие [1]. Данные системы имеют высокую производительность, позволяют производить математические вычисления с высокой точностью, выстраивать сложные цепочки вычислительных алгоритмов, визуализировать процессы и данные при их обработке. Недостатком перечисленных математических систем общего назначения являются громоздкость, неудобство в

работе, направленность на решение общих, а не конкретных задач из-за тривиальности алгоритмов, положенных в основу работы этих систем. Цена на данные математические пакеты составляет 1900-2799, что также является важным недостатком.

Нередко более целесообразным является использование программных систем, специально разработанных для решения конкретных узкоспециализированных задач, потому как с потерей универсальности происходит повышение быстродействия и улучшение качества обработки данных. В случае решения задач статистической обработки и анализа данных одной из таких систем является автоматизированная система аппроксимативного корреляционно-спектрального анализа в ортогональном базисе Бесселя. Данная система направлена на решение определенной области задач и анализ конкретных вероятностных характеристик, имеет в основе своей работы уникальные алгоритмы.

Для проведения корректного сравнения систем общего назначения и специализированной автоматизированной системы аппроксимативного корреляционно-спектрального анализа в ортогональном базисе Бесселя, необходимо выяснить, является ли возможным выполнение всех этапов аппроксимативного корреляционно-спектрального анализа в полном объеме при использовании распространенных математических систем общего назначения. Результаты приведены в таблице 1.1. Знаком «+» отмечены операции, реализованные в системе, «+/-» – операции, реализация которых возможна с помощью несложных операций, «-» – операции, которые не реализованы в системе, либо для реализации которых потребуются усилия [2].

Из таблицы видно, что рассмотренные системы являются в разной степени мощными средствами статистического анализа. Однако они могут решать лишь различные подзадачи аппроксимативного корреляционно-спектрального анализа случайных процессов, но не могут решить подобные задачи в полном объеме. Также стоит отметить отсутствие реализованных алгоритмов аппроксимации функциональных характеристик ортогональными функциями, в том числе, ортогональными функциями Бесселя. К тому же необходимо помнить о том, что данные системы имеют высокую стоимость и не отличаются высоким быстродействием при обработке больших массивов данных, а также удобством в работе.

Для решения перечисленных проблем был разработан комплекс программ, узконаправленный на построение корреляционно-спектральных характеристик с помощью ортогональных разложений - автоматизированной системы аппроксимативного корреляционно-спектрального анализа в ортогональном базисе Бесселя. Данная система позволяет решать задачи аппроксимативного корреляционно-спектрального анализа случайных процессов, перечисленные в таблице, в полном объеме, а также отличается высоким быстродействием и высокой точностью данных, полученных в результате обработки [2].

Таблица 1.1 – Реализация этапов аппроксимативного корреляционно-спектрального анализа случайных процессов в математических системах общего назначения

Этапы аппроксимативного корреляционно-спектрального анализа случайных процессов	Математическая система общего назначения				
	MathCAD 15	Maple 16.0	MatLab 7	Statistica 6.0	Mathematica 9
Моделирование процессов с заданными корреляционными характеристиками	-	-	+	-	-
Определение моментных характеристик случайных процессов	+	+	+	+	+
Автокорреляционный анализ	+	-	+	+	-
Взаимный корреляционный анализ	+	-	+	-	-
Аппроксимация взаимных корреляционных функций	+	+	+	-	+
Аппроксимация ортогональными функциями	-	-	-	-	-
Ортогональные функции	+/-	-	+/-	-	+/-
Спектральный анализ	+	-	+	+	+
Аппроксимация спектральных плотностей мощности	+	+	+	-	+
Определение обобщенных корреляционных характеристик	+	-	+	-	-
Определение обобщенных спектральных характеристик	+/-	-	+	+	-

Стоит отметить, что перечисленные системы общего назначения, также как и специализированная автоматизированная система аппроксимативного корреляционно-спектрального анализа в ортогональном базисе Бесселя, направлены на оценку строго определенных параметров и характеристик в соответствии со своим назначением и алгоритмами, заложенными в их работу. Углубленный анализ исходных данных по полученным с помощью системы характеристикам, поиск их взаимосвязей и закономерностей – задача специалистов предметной области.

Литература

1. Steinhaus, S. Comparison of mathematical programs for data analysis (Edition 5.04)/S. Steinhaus.- Germany, Miinchen, 2008.- pp. 64.

2. Соловьева Я.В. Методы, алгоритмы и комплекс программ аппроксимативного корреляционно-спектрального анализа в ортогональном базисе Бесселя: дис. ...канд. тех. наук: 05.13.18: защищена 27.06.2013: утверждена 21.10.2013. – Самара, 2013. – 116 с.

О.В. Филонин

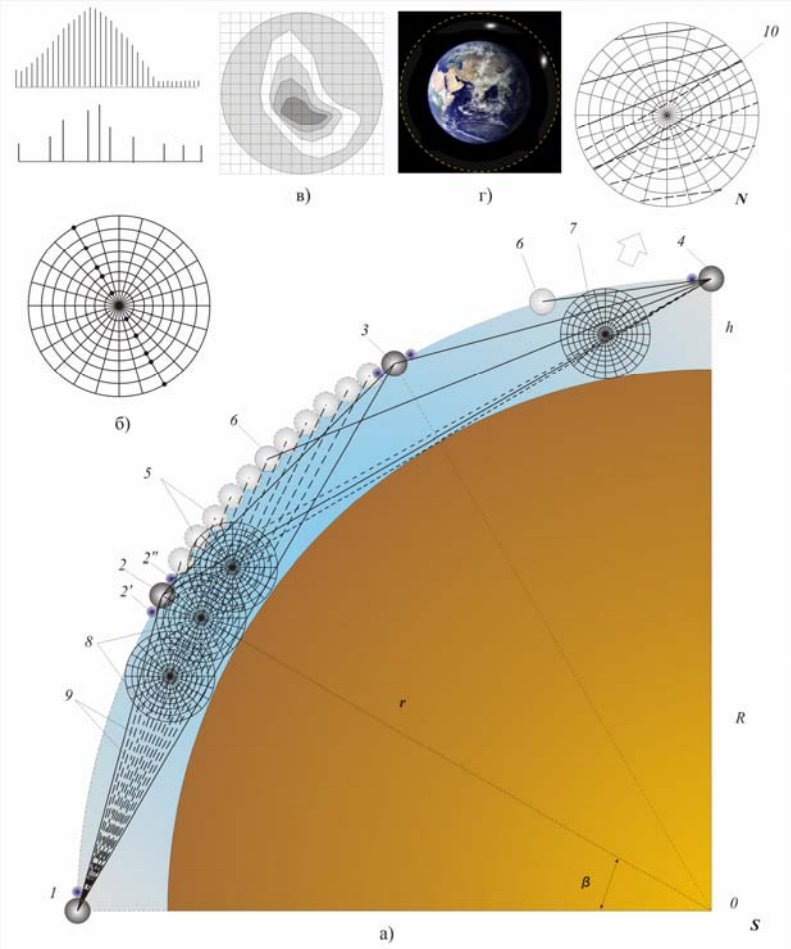
РАДИОТОМОГРАФИЯ ИОНОСФЕРЫ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СПУТНИКОВЫХ ГРУППИРОВОК

(Самарский государственный аэрокосмический университет
им. акад. С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Одним из наиболее перспективных направлений детального исследования планетарных атмосфер является метод, основанный на решении обратных задач радоновского типа, с помощью радио и лазерного (лидарного) зондирования атмосферного слоя. Наиболее перспективным, на наш взгляд, для этой цели является способ радио-, оптической томографии с помощью автоматических спутниковых группировок. Суть его заключается в том, что с помощью основного средства доставки (ОСД) на орбиту данной планеты транспортируется семейство малых спутников с массами порядка (10 ÷ 100) кг, в зависимости от содержания исследований, точности реконструкции и пр. Каждый такой спутник, содержит: миниатюрный гироскоп, многопроцессорный блок для текущих вычислений орбитальных данных и параметров реконструкций, модуль связи, лазерный дальномер, устройство для импульсного лазерного зондирования атмосферного слоя, приёмо-передающий СВЧ-блок для радиозондирования, ионные или плазменные микродвигатели ориентации и другие модули, в зависимости от особенностей конкретных типа решаемых задач. Как правило, ОСД располагается на стационарной орбите, поэтому группы малых исследовательских спутников, размещаемых на заданной орбите, целесообразно размещать на промежуточных средствах доставки (ПСД). ПСД стартуют с ОСД на заданную орбиту, и с них производится запуск малых спутников на исследовательскую орбиту, с учётом геометрии их распределения см. рис. 1 а).

Для решения поставленных задач – реконструкция пространственного распределения параметров атмосферы планеты, с помощью методов основанных на обращении Радона, прежде всего, необходимо точно знать конфигурацию орбиты движения каждого спутника и точные значения расстояний между ними. Даже в простейшем случае, *в предположении круговой орбиты* и строго распределённых на равных расстояниях совокупности спутников (рис. 1 а)) получение хордовых данных, например, для задачи радиотомографии ионной компоненты атмосферы задача достаточно сложная. В этом случае зону реконструкции кольцевую зону при двумерной реконструкции целесообразно разбить на пересекающиеся круговые зоны восстановления см. рис. 1 а). Траектория зондирующего сигнала, таким образом, оказывается распределенной в не-

скольких зонах восстановления, при этом геометрия зондирования напоминает геометрию веерного пучка. Следовательно, возникает задача по разделению хордовых данных для данной круговой зоны реконструкции, с другой стороны необходимо в каждой такой зоне свести хордовые данные к ортогональной геометрии проецирования и далее доопределить недостающие данные до заданного формата реконструкции.



а) - 1,2,...,4 - миниспутники, 2', 2" - микроспутники сателлиты, 5 - промежуточные положения, 6 - месторождение миниспутника для группировки из 24 аппаратов, 7 - круговая зона для реконструкции, 8 - взаимное положение зон реконструкции, 9 - вариант набора лучевых сумм, 10 - геометрия исходного положения хорд в данный момент времени для группировки из 24 КА

б) - формирование проекционных данных на полярной сетке, в) - искомая реконструкция для данной круговой зоны на декартовой сетке

г) - результат математического моделирования радиотомографической реконструкции ПЭС

Рис. 1 Геометрия расположения спутниковой группировки

В действительности, реальные орбиты спутников, далеки от круговых. Это объясняется неравномерностью распределения массы планеты относительно её геометрического центра. Поэтому в теории движения искусственных спутников прийто считать, что спутник – материальная точка движется в потенциальном поле планеты, функция потенциала - потенциал притяжения или силовая функция тела K в точке $P(\xi,\eta,\zeta)$ в общем случае может быть определена с помощью известного выражения:

$$U = f\iiint\limits_{T} \frac{\tilde{\Theta} d\tau}{\Delta}, \qquad (1)$$

где f - постоянная тяготения, $\Delta = \sqrt{(\xi-\xi')^2+(\eta-\eta')^2+(\zeta-\zeta')^2}$ - расстояние от точки $P(\xi,\eta,\zeta)$, определяющей местоположение данного спутника до некоторой текущей точки $P'(\xi',\eta',\zeta')$ на поверхности планеты; T - объем, занятый телом планеты K. Для Земли приняты различные формы записи потенциала притяжения, например, стандартная форма, утвержденная комиссией №7 МАС, имеет вид:

$$U=\frac{fM}{r}\left\{1-\sum_{n=2}^{\infty}J_n\left(\frac{r_0}{r}\right)^n P_n(\sin\varphi)+\sum_{n=2}^{\infty}\sum_{m=1}^{n}P_{n,m}(\sin\varphi)\left[C_{n,m}\cos m\lambda+S_{n,m}\sin m\lambda\right]\right\}. \quad (2)$$

При численном моделировании используется наиболее общая форма записи:

$$U=\frac{fM}{r}\left\{\sum_{n=0}^{\infty}\sum_{m=0}^{n}\left(\frac{r_0}{r}\right)^{n+1}P_{n,m}(\sin\varphi)\left[\overline{C}_{n,m}\cos m\lambda+\overline{S}_{n,m}\sin m\lambda\right]\right\}, \quad (3)$$

здесь:

$$P_{n,0}=P_n,\ \overline{C}_{n,0}=\sqrt{\frac{(n-m)!}{2(n-m)!}}\frac{J_n}{\sqrt{2n+1}},\ \overline{S}_{n,0}=0. \quad (4)$$

Заметим, что в современных стандартных представлениях геопотенциала коэффициенты J_n не выделяются.

Дифференциальные уравнения движения частицы в инерциальной прямоугольной системе координат, связанной с центральным телом M, можно представить в виде:

$$\frac{d^2}{dt^2}\vec{x}(t)=-\frac{\partial}{\partial\vec{x}}+\vec{P}, \quad (5)$$

н.у. имеют вид: $\vec{x}_0=\vec{x}(t)$, $\dot{\vec{x}}=\dot{\vec{x}}(t_0)$, где $U(r)=-(\mu/r)-R$. Отметим, что первое слагаемое в U - потенциал, обусловленный притяжением сферической планеты, рассматриваемой как материальная точка, а второе слагаемое представляет собой потенциал возмущающих сил; $\vec{x}=(x_1,x_2,x_3)^T$ - вектор положения спутника; t - физическое время; r - модуль вектора положения; $\mu = k^2M$, k^2 - универсальная гравитационная постоянная; $U=U(t,\vec{x})$, $\partial/\partial\vec{x}$ - градиент.

В качестве возмущающей силы, например для Земли, имеющей потенциал в задачах динамики ИСЗ, рассматривается, как правило, влияние несферической составляющей гравитационного поля Земли. Все же остальные силы, включая влияние Луны и Солнца, положение которых задается либо таблично, либо в виде рядов, полученных вне задачи о движении ИСЗ, относятся к силам, не имеющим потенциала.

Применение метода вариации произвольных постоянных к уравнениям (5) позволяет записать уравнения движения ИСЗ в оскулирующих элементах. Такие уравнения используются при построении как численных, так и аналитических алгоритмов прогнозирования движения. При численном прогнозирова-

нии использование уравнений в оскулирующих элементах обладает тем преимуществом, что невозмущенная часть этих уравнений интегрируется без методических ошибок любым численным методом. Решение уравнений (5) в случае невозмущенного движения имеет вид:

$$\begin{aligned} &x_1 = r\alpha, \qquad \dot{x}_1 = \sqrt{f(m_0/p)}\left[\alpha e \sin v + (p\alpha'/r)\right], \\ &x_1 = r\beta, \qquad \dot{x}_1 = \sqrt{f(m_0/p)}\left[\beta e \sin v + (p\beta'/r)\right], \\ &x_1 = r\gamma, \qquad \dot{x}_1 = \sqrt{f(m_0/p)}\left[\gamma e \sin v + (p\gamma'/r)\right], \\ &\qquad\qquad r = p/(1+e\cos v), \end{aligned} \tag{6}$$

здесь:

$$\alpha = \cos u \cos\Omega - \sin u \sin\Omega \cos i,\ \alpha' = \frac{d}{du}\alpha,\ \beta = \cos u \cos\Omega + \sin u \sin\Omega \cos i,\ \beta' = \frac{d}{du}\beta,$$

$$\gamma = \sin u \sin i, \qquad \gamma' = \frac{d}{du}\gamma$$

Величины $\Omega, i, \omega, p, e, \tau$ это традиционно используемые элементы Кеплеровой орбиты, т.е.: долгота восходящего узла, наклонение орбиты к основной координатной плоскости, долгота перицентра от узла, фокальный параметр орбиты, её эксцентриситет, момент прохождения через перицентр. Параметры α, β, γ представляют собой направляющие косинусы орбитальной системы координат относительно инерциальной системы, используемой в уравнениях (5). Аргумент широты u определяется формулой $u = \upsilon + \omega$, истинная аномалия связана с независимой переменной соотношением: $t - \tau = (p^{3/2}/\sqrt{fm_0})\int_0^v \frac{d\varphi}{(1+e\cos\varphi)^2}$.

Элементы кеплеровой орбиты являются в двух последних формулах постоянными и полностью определены начальными условиями системы уравнений (5).

Если к уравнениям возмущенного движения (5) применить метод вариации произвольных постоянных, в предположении, что решение уравнений (5) сохраняет форму (6), то можно получить совокупность уравнений Ньютона–Эйлера. Наличие эксцентриситета в знаменателе ряда членов в уравнениях Ньютона–Эйлера может приводить к потере точности при анализе круговых спутниковых орбит.

Автором разработан пакет прикладных программ (ППП), на основе рассмотренных выше соотношений, позволяющий моделировать поведение группировки миниспутников движущихся почти по круговой орбите для задач томографической диагностики параметров атмосферы планеты. Программное обеспечение, установленное в вычислительных многопроцессорных модулях каждого спутника должно решать две главные задачи:

– «отслеживать» и «корректировать» отклонения ИС от заданной траектории движения по орбите и «следить» за ориентацией в пространстве самого спутника,

– в соответствующие интервалы времени, благоприятные, с точки зрения геометрии расположения орбитальной группировки, производить замеры лучевых данных при лазерном зондировании с последующим их пересчётом в хордовые данные круговых зон реконструкции.

Рис. 1 б) иллюстрирует процедуры доопределения исходных данных в одной проекции для круговой зоны восстановления (см. рис. 1 в)) На рис. 1 г) приведен результат реконструкции при автоматическом выборе оптимальных параметров восстановления (свёрточный алгоритм, формат 512×512 элементов).

Так как предполагается, что каждый миниспутник оборудован каналом обмена цифровыми данными с ближайшими соседями и с ОСД, то в такой системе несложно организовать процессы параллельных вычислений связанных с задачами реконструкции искомых функциональных распределений параметров атмосферы планеты. Именно эта возможность позволяет назвать описанную исследовательскую группировку малых спутников интеллектуальной группировкой, способной самостоятельно решать как задачи навигации, так и задачи реконструкции и передачи информации на основное средство доставки.

Г.Ш. Цициашвили, М.А. Осипова, А.С. Лосев

АСИМПТОТИЧЕСКИЕ ФОРМУЛЫ ДЛЯ ВЕРОЯТНОСТИ НЕСВЯЗНОСТИ ПЛАНАРНОГО ВЗВЕШЕННОГО ГРАФА С ВЫСОКОНАДЕЖНЫМИ РЕБРАМИ

(ИПМ ДВО РАН, ДВФУ)

Введение

В настоящей работе построен алгоритм вычисления вероятности несвязности для планарного взвешенного графа с высоконадежными ребрами. Ранее такой алгоритм кубической сложности по числу ребер графа был построен в [1] для планарного графа с единичными весами ребер. Основу алгоритма данной работы, как и работы [1], составляет доказательство асимптотического соотношения и получение формул вычисления его параметров. В настоящей работе речь идет о минимальном объеме разреза и о некотором весовом коэффициенте. Расчет асимптотических констант в обоих случаях осуществлялся с использованием перехода к двойственному графу. Основным результатом работы является то, что построенный алгоритм имеет кубическую сложность по числу ребер в графе.

1. Основной результат

Рассмотрим неориентированный связный граф G без петель и кратных ребер с конечным множеством вершин U и ребер W. Пусть каждому ребру графа $w \in W$ соответствует вес $b_w > 0$. Обозначим L множество разрезов графа, $d(L)$ число ребер (объем) разреза L, D минимальный объем разрезов. Предположим, что ребра графа G отказывают независимо с вероятностями $\overline{p}(w)$, $w \in W$. Для вероят-

ности несвязности $\overline{P}$ графа G (отсутствия хотя бы между двумя вершинами графа работающего пути) в работе[1] была сформулирована следующая теорема.

Теорема 1. Если $\overline{p}(w) \sim b_w h$, $h \to 0$, $w \in W$, то

$$\overline{P} \sim h^D \mathcal{B}_D \ , \ \mathcal{B}_D = \sum_{L \in \mathcal{L}: d(L)=D} \prod_{w \in L} b_w \ , \ h \to 0 . \qquad (1)$$

Рассмотрим планарный граф G, каждое ребро которого принадлежит какому-либо простому циклу. Ребра планарного графа G разбивают плоскость на грани, обозначим n число граней (включая внешнюю), m число ребер графа. Графу G сопоставим двойственный граф G^*: грани z графа G соответствует вершина z графа G^*, ребру w графа G, принадлежащему граням z_1, z_2 соответствует ребро w, соединяющее вершины z_1, z_2 графа G^*.

Пусть элементы $a_{ij}, i, j = 1,...,n, a_{ii} = 0$ матрицы A определяют число ребер, содержащихся в пересечении граней $z_i \cap z_j, i \neq j$. Известно [3], что $D = \min(k : 2 \le k \le 5 : c_k > 0)$, где c_k число простых циклов длины k в G^* и определяется случае $k > 2$ по формулам из [2], в случае $k = 2$ по формулам из [1] следующим образом

$$c_2 = \frac{1}{4} \sum_{1 \le i, j \le s} a_{ij}(a_{ij} - 1), \ c_3 = \frac{1}{6} tr\, A^3, \ c_4 = \frac{1}{8}\left(tr\, A^4 - 2m - 2 \sum_{1 \le i \ne j \le s} a_{ij}^{(2)} \right),$$

где $a_{ij}^{(l)}$ элементы степени матрицы $A^l, l > 1,$ а $tr A$ след матрицы A.

Обозначим $\mathcal{K}^*$ множество циклов K^* графа G^*, $d(K^*)$ длину цикла K^*, D^* минимальную длину цикла. Известно [3],что циклам минимальной длины графа G^* соответствуют разрезы минимального объема графа G, причем $D^* = D$, тогда

$$\mathcal{B}_D = \sum_{K^* \in \mathcal{K}^*: d(K^*)=D} \prod_{w \in K^*} b_w . \qquad (2)$$

Пусть константы $b_{ij}(k) = b_{ji}(k) = b_{w_k}, k = 1,...,a_{ij},$, определяют веса ребер w_k, содержащихся в пересечении граней $z_i \cap z_j, 1 \le i \ne j \le n$ графа G, при этом $b_{ii}(k) = 0$. В частности, в случае $D > 2$, $a_{ij} = 1, 1 \le i \ne j \le n$.

Теорема 2. Для планарного графа G, каждое ребро которого принадлежит какому-либо циклу, имеют место соотношения

$$\mathcal{B}_2 = \frac{1}{4} \sum_{1 \le i, j \le n} \left(\left(\sum_{1 \le k \le a_{ij}} b_{ij}(k) \right)^2 - \sum_{1 \le k \le a_{ij}} b_{ij}^2(k) \right), \ \mathcal{B}_3 = \frac{1}{6} trB^3 , \qquad (3)$$

$$\mathcal{B}_4 = \frac{1}{8}\left(trB^4 - 2 \sum_{1 \le i, j, k \le n} b_{ij}^2(1) b_{jk}^2(1) + \sum_{1 \le i, j \le n} b_{ij}^4(1) \right), \qquad (4)$$

$$\mathcal{B}_5 = \frac{1}{10}\left(trB^5 - 5 \sum_{1 \le i, j \le n} b_{ij}^2(1) b_{jj}^{(3)}(1) + 5 \sum_{1 \le i, j \le n} b_{ij}^3(1) b_{ji}^{(2)}(1) \right), \qquad (5)$$

где $B = \left\| b_{ij}(1)_{i,j=1}^n \right\|$, а $b_{ij}^{(l)}(1), 1 \le i \ne j \le n,$ элементы матрицы $B^l, l > 1$.

2. Вычислительный эксперимент.

В работе был проведен вычислительный эксперимент на примере планарного графа с D=4 (рис. 1). Зададим веса ребер графа, находящихся в пересечении граней $z_i \cap z_j, 1 \le i \ne j \le 10$: $b_{12}(1) = b_{13}(1) = b_{14}(1) = b_{15}(1) = 1.01$ (ребра выделены фиолетовым цветом), остальные веса положим равными 1.02.

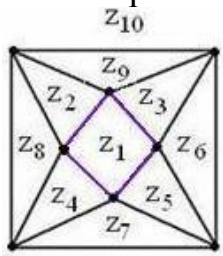


Рис. 1. Пример графа с D=4

Из формулы (2) нетрудно получить $\mathcal{B}_4 = 8.56190839$. Положим h=0.05 и вычислим вероятность несвязности $\bar{P}$ по асимптотической формуле (1) и методом Монте-Карло, обозначив ее $\bar{P}^*$, с числом реализаций 10^7 : $\bar{P} \approx$ 0.0000535119, $\bar{P}^* \approx$ 0.0000523. Время счета по формуле (1) составляет несколько секунд, а методом Монте-Карло - несколько часов.

Литература

1. Tsitsiashvili . G.Sh. Complete calculation of disconnection probability in planar graphs // Reliability: Theory and Applications — 2012. — Vol. 7, № 1. — 154 - 159 с.

2. Harary F., Manvel B. On the Number of Cycles in a Graph // Matematicky casopis — 1971. — Vol. 21, № 1. — 55 - 63 с.

3. Прасолов В.В. Элементы комбинаторной и дифференциальной топологии. — 2004. – М.: МЦНМО — с. 352 с.

И.А. Чернов

ИГРОВАЯ МОДЕЛЬ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

(Институт прикладных математических исследований
Карельского научного центра РАН,
Петрозаводский государственный университет)

Рассмотрим вычислительную систему типа «грид», состоящую из сервера и клиентов, осуществляющих расчеты, причем клиенты — персональные компьютеры, принадлежащие сторонним лицам, участвующим в проекте добровольно [1,2]. Не исключено проникновение в сеть злоумышленников, намеренно отсылающие на сервер неверные ответы. Очевидным способом защиты является проверка ответов, в частности — репликация: задание посылается m различным узлам, причем ответ принимается только в том случае, если он одина-

ков для всех реплик. Пусть для определенности возможных ответов два. Вероятность получения неверного ответа не равна нулю, но убывает с ростом m и возрастает с увеличением числа k компьютеров, принадлежащих злоумышленнику.

Предположим, что злоумышленник имеет выгоду в случае, если будет принят неверный ответ, однако несет расходы по внедрению компьютеров в сеть. Построим простую модель такой грид-системы и приведем пример, показывающий, что возможна игровая ситуация, то есть расходы игроков (хозяина сети и злоумышленника) зависят от действий, предпринимаемых и тем, и другим; более того, игра не обязательно решается в чистых стратегиях: иными словами, в ряде случаев имеет смысл случайно выбирать уровень репликации m и число внедренных вычислительных устройств k. Вместо переменного числа внедренных устройств можно говорить о правильном ответе со стороны части из них; таким образом, при определенных условиях можно заставить злоумышленника содействовать проекту.

Игрок 1 (организатор вычислительного проекта) несет расходы, связанные с вычислениями, примем за единицу одноразовый расчет задания. В случае неверного ответа к расходам добавляется штраф F, связанный, например, с упущенной прибылью, ударом по репутации, и т.п. Вероятность получения неверного ответа в одном расчете обозначим i. Тогда средние расходы игрока 1 составляют

$$C = m + p^m F.$$

В самом деле, неверный ответ принимается в том случае, если все m реплик решены неверно: вероятность этого события, при условии независимости расчетов (что предполагаем) равна p^m.

Игрок 2 внедряет k компьютеров в вычислительную сеть, состоящую из N узлов; таким образом, вероятность p неверного ответа, при условии независимого выбора узлов, равна $k/N.$ Предположим для простоты, что штраф игрока 1 каким-либо образом переходит к игроку 2, однако он несет потери, связанные с внедрением, a единиц на каждый узел. Тогда выигрыш определяется выражением

$$V = p^m F - pNa.$$

Итак, если выбрать константы N, a и F и определить диапазон изменения m и k, то имеем игровую ситуацию: выигрыши игроков зависят от выбора каждого из них. Приведем простой пример, показывающий, что игра может быть нетривиальной: решаться только в смешанных стратегиях.

Пусть уровень репликации m принимает значения 1, 2 и 3, а число внедренных злоумышленником узлов k — значения 1, 10 и 25; число узлов сети N=100, F=100, затраты на внедрение одного узла $a = 0.2$. Напомним, что единица измерения стоимости — (средняя) стоимость расчета одного задания.

Тогда выигрыши игроков заданы следующими матрицами B и A:

Выигрыш игрока 2, B				Выигрыш игрока 1, A			
p:	0.01	0.10	0.25	p:	0.01	0.10	0.25
m=1	0.8	8	20	m=1	-2	-11	-26
m=2	-0.19	-1	1.25	m=2	-2.01	-3	-8.25
m=3	-0.2	-1.9	-3.44	m=3	-3	-3.1	-4.56

Игрок 1 ориентируется на минимизацию затрат C, а в силу монотонного их убывания по p худший исход достигается при максимальном p; при такой большой вероятности ошибки требуется максимальная репликация, что приводит к выбору стратегии $m=3$. Лучший выигрыш игрока 2 при таком выборе игрока 1, очевидно, равен -0.2 и достигается при $p=0.01$. Аналогично, игрок 2 имеет худший исход при $m=3$ для любого своего выбора, а лучший среди них — при $p=0.01$. Оптимальное значение игрока 1 в таком случае равно 0.8 при $m=1$.

Эти рассуждения показывают, что игра не имеет решения в чистых стратегиях. Введем распределение вероятностей на множествах чистых стратегий: $\bar{q}=(q_1, q_2, q_3)$ для игрока 1 и $\bar{p}=(p_1, p_2, p_3)$ для игрока 2.

Теорема 5.3 [3] утверждает, что вполне смешанная стратегия, если существует, задается равенствами

$$\bar{q}=\frac{uB^{-1}}{uB^{-1}u'},\quad \bar{p}=\frac{A^{-1}u'}{uA^{-1}u'},\quad u=(1,1,1).$$

Нетрудно проверить, что при этом $q_2<0$ и $p_2<0$, то есть вполне смешанной стратегии нет; положим $p_2=q_2=0$, исключив соответствующие чистые стратегии. Тогда получим игру двумя стратегиями у каждого игрока, имеющую единственную вполне смешанную стратегию. Таким образом, решение игры:

$$\bar{q}=(0.14,0,0.86),\quad \bar{p}=(0.96,0,0.045).$$

При этом игрок 2 в среднем проигрывает 0.056 единиц, а средние затраты игрока 1 составляют 3.07.

Содержательная интерпретация этого простого примера показывает, что

1. затраты на внедрение в вычислительную сеть со злым умыслом при оптимальных действиях сторон способны привести к отказу от попытки внедрения: средний выигрыш злоумышленника меньше нуля;
2. некоторые действия сторон могут быть нерациональны при оптимальном поведении;
3. оптимальный выбор уровня репликации и количества внедренных узлов принципиально случаен;
4. наиболее вредоносная (но дорогая) стратегия игрока 2 ($i=3$) используется при оптимальных действиях относительно редко;
5. наиболее безопасная (но дорогая) стратегия игрока 1 ($m=3$) используется относительно часто.

В аналогичном примере большей размерности (при $i = 1, \ldots, 10$, $p_i = 0.01(1+5i)$, $m = 1, \ldots, 10$, $F = 100$, $a = 0.02$) большинство чистых стратегий несущественны; игра также сводится к двум чистым стратегиям для каждого игрока, а оптимальной вполне смешанной стратегией является

$$\bar{q} = (0.04, 0.96), \quad \bar{p} = (0.63, 0.37).$$

на чистых стратегиях с номерами 2 и 10, при этом средний проигрыш игрока 2 равен 0.11, а средние затраты игрока 1 равны 10.02. Справедливы те же выводы, что в предыдущем примере. Отметим еще, что при широком выборе числа внедренных устройств актуальным оказался максимальный вариант; таким образом, следуя оптимальной стратегии, злоумышленник внедряет более половины устройств, но затем он вынужден более чем в половине случаев (приблизительно в двух из трех) возвращать правильный ответ, фактически сотрудничая с проектом, несмотря на то, что изначально интересы злоумышленника противоположны интересам автора расчетного проекта.

Работа поддержана Программой стратегического развития ПетрГУ и грантом РФФИ №а-13-07-00008.

Литература

1. Foster, I. The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure / I. Foster, C. Kesselman. — San Francisco : Morgan Kaufmann, 1999. — 675 p.
2. Foster, I. The anatomy of the grid: Enabling scalable virtual organizations / I. Foster, C. Kesselman, S. Tuecke // International J. Supercomputer Applications. — 2001. — Vol. 15. — P. 200–222.
3. Петросян, Л. Теория игр / Л.А. Петросян, Н.А. Зенкевич, Е.А. Семина. — М.: Высшая школа, Книжный дом «Университет», 1998. — 304 p.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

М.В. Андреев, Е.В. Баранов, П.В. Ситников, О.Л. Сурнин, С.В. Федотов

ЕДИНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КАДРОВОГО РЕЗЕРВА ДЛЯ ОРГАНОВ ФЕДЕРАЛЬНОЙ, РЕГИОНАЛЬНОЙ И МУНИЦИПАЛЬНОЙ ВЛАСТИ

(ООО «Открытый код»)

Введение

Формирование профессиональной государственной гражданской службы является необходимым условием реализации структурных реформ государственного управления Российской Федерации.

Поиск подходящих для выдвижения на государственные должности кандидатур возможен во всех социальных слоях общества. Особое значение в системе кадрового резерва органов государственной власти имеет резерв управленческих кадров, являющийся одним из источников формирования нового поколения управленческих кадров, в том числе "первых" руководителей органов государственной власти.

Формирование такого резерва рассматривается как одно из средств достижения главной цели административной реформы – создания эффективной и компактной системы государственного управления, качественно и быстро осуществляющей свои функции в интересах граждан, общества и государства.

В данной статье будет рассмотрен пример автоматизации процесса формирования кадрового резерва.

Система кадрового резерва для органов государственной власти

Основной целью проекта было повышение эффективности управления кадрами государственных учреждений и коммерческих организаций.

Для этого в рамках проекта разработана автоматизированная информационная система, обеспечивающая возможность подбора кандидатов и вакансий под заданные требования, формирования и управления кадровыми резервами организации, проведения текущего анализа эффективности работоспособности как уже задействованных трудовых ресурсов организации, так и будущих кандидатов на вакантную позицию.

Кроме того, целью данного проекта являлось решение задач в части построения образовательного процесса для сотрудников организации, будущих кандидатов на вакантные должности и граждан, получающих образование в средних, средне – специальных и высших учебных учреждениях.

Для решения данной задачи использован современный подход, основанный на применении технологии семантического веб и онтологий, позволяющий

представлять знания предметной области (квалификационные требования к соискателям, характеристики кандидатов, кадровый резерв) в форме, легко доступной для восприятия и использования каждым специалистом.

На рисунке 1 представлен пример онтологии сферы кадрового обеспечения.

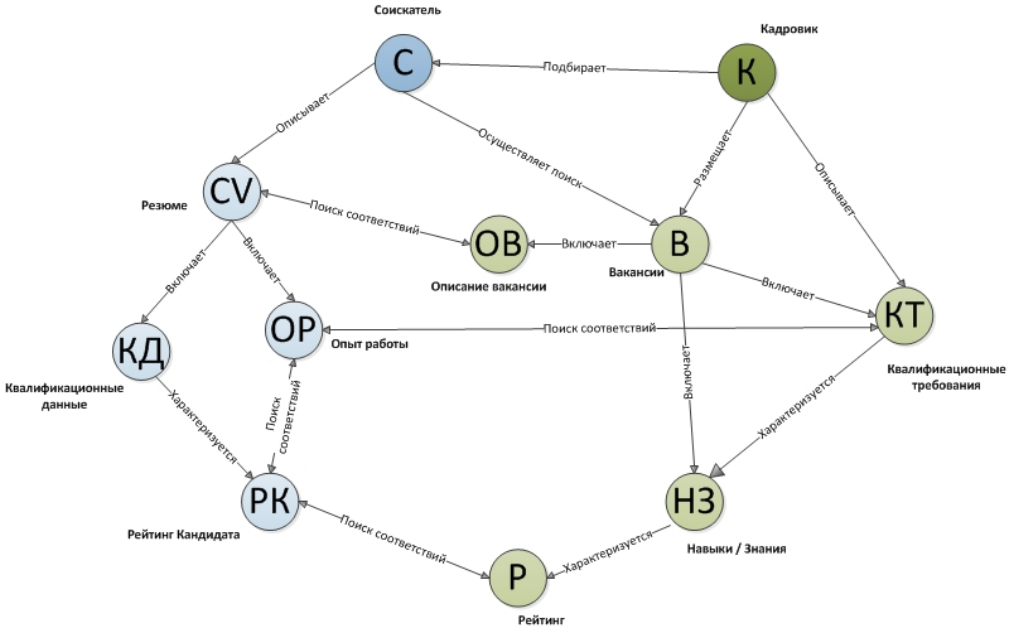


Рис. 1. Использование онтологического подхода
для описания кадрового резерва

В рамках системы разработан специализированный модуль управления и онтологического описания базы знаний, на основе которого осуществляется развитие структуры и контентное наполнение системы. Модуль обеспечивает следующие основные возможности:

– структурированное описание вакансий, квалификационных стандартов и требований к соискателям, информации о навыках и опыте работы и т.п., в виде онтологии знаний;
– структурированное описание резюме соискателей, включая имеющийся опыт и навыки, квалификационные данные и др., в виде онтологии знаний;
– автоматическое ранжирование кандидатов на основе соответствия их квалификационных данных требованиям конкурсов или квалификационных стандартов;
– усовершенствование процесса подбора кандидатов на замещение вакантных должностей или на попадание в кадровый резерв.

В состав модуля баз знаний входят следующие компоненты:

– Конструктор распределенных онтологий баз знаний, обеспечивающий формирование структуры базы знаний, а также необходимую актуализацию базы знаний (добавление, редактирование, удаление информации);
– Модуль универсального отображения (рендеринга) информации из базы знаний, позволяющий в автоматическом режиме учитывать не только изменения контентного наполнения, но и структурные изменения в базе знаний,

появление и модификацию связей между семантическими элементами базы знаний.

С точки зрения программной архитектуры информационная система кадрового резерва укрупнено будет состоять из системы управления базой знаний кадровых резервов.

Система управления базами знаний предоставляет базовые компоненты (визуальные, серверные) и инструменты для создания прикладных баз знаний, а также является связующим звеном между АРМ «Кандидат», АРМ «Обучение» и АРМ «Заказчик», поскольку именно в данном блоке будет обрабатываться весь перечень информации о необходимых квалификационных требованиях и компетенциях кандидата относительно заявленной ими должности.

На рисунке 2 представлена программная архитектура системы.

Рис. 2. Программная архитектура системы кадрового резерва

Заключение

Применение онтологического подхода играет ключевую роль в построении системы и процессе принятия решений, поскольку использование онтологий позволяет создавать наиболее точную и максимально приближенную к реальности модель предметной области (сферы кадрового обеспечения), содержащую все основные понятия и отношения предметной области, которые так или иначе должны учитываться в процессе принятия решений. Семантическая сеть в предлагаемой системе содержит, с одной стороны, описание вакансий, квалификационных стандартов и требований, включаемых в вакансии, описание навыков и знаний, необходимых потенциальным соискателям для замещения вакантных должностей, с другой стороны – описание резюме, опыта работы, навыков, квалификационных данных у конкретных исполнителей-соискателей

М.В. Андреев, Д.Н. Крупин, П.В. Ситников, О.Л. Сурнин, С.В. Федотов

БАЗА ЗНАНИЙ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

(ООО «Открытый код»)

Введение

Современный уровень развития общества требует определенной правовой грамотности от населения. Процесс развития информационного общества диктует необходимость вовлечения широких социальных слоев в законотворчество. Чтобы гражданам без специальной юридической подготовки было легче ориентироваться в многообразии федеральных и региональных законов, необходимо предоставить им в пользование специализированную систему. Причем важно, чтобы при поиске пользователю в качестве результата выдавался не список найденных документов, а конкретный ответ на вопрос или нужное место в единственном документе. Кроме того, работа с законодательной базой подразумевает большие объемы информации, высокую связанность данных, неоднородность их структуры. Всем этим требованиям отвечают системы, использующие онтологический подход, основанные на базах знаний. В данной статье будет рассмотрен пример применения онтологий при создании базы знаний для Самарской Губернской Думы.

База знаний законодательства Самарской области

По заказу Самарской Губернской Думы были произведены работы по созданию базы знаний законодательства Самарской области. Проект успешно прошел экспертизу в Агентстве стратегических инициатив. Основными результатами работ явились:

- Развита платформа (инструмент) Базы знаний;
- Разработаны программные средства и интерфейс системы;
- Согласовано с Заказчиком направление пилотного наполнения базы знаний – жилищное законодательство;
- Произведено пилотное наполнение базы знаний описаниями НПА;
- Выполнено внедрение базы знаний в опытную эксплуатацию в Самарской Губернской Думе.

На рисунке 1 представлена семантическая сеть базы знаний законодательства, которая позволяет в режиме интерактивного диалога с человеком определить положения НПА, касающиеся именно этого человека в конкретной жизненной ситуации.

В настоящее время наряду с решением технических вопросов проектирования экспертной системы: разработка моделей представления и хранения знаний, разработка синтаксиса языка описания знаний и языка запросов, а также программная реализация соответствующих компиляторов, проработка интерфейсных элементов системы; ведется значительная по объему подготовительная работа с целью выявления, систематизации, языковых конструкций, ис-

пользуемых в текстах нормативных актов. Это обеспечит высокую степень автоматизации отображения синтаксических структур в семантические конструкции вплоть до полной автоматизации. Типовые конструкции (шаблоны) существенно упростят этап синтаксического анализа и обеспечат автоматическую конвертацию выражений, записанных на естественном языке, в выражения на языке описания семантики. В случае если программа не в состоянии адекватно обработать фрагмент текста, пользователю будет предоставлена возможность ответить на ряд уточняющих вопросов, чтобы ввести информацию, дополняющую непонятный фрагмент.

Рис. 1. Семантическая сеть базы знаний законодательства Самарской области

На рисунке 2 представлена главная страница базы знаний законодательства Самарской области.

База знаний законодательства Самарской области разрабатывалась с использованием интеллектуальной программной платформы компании «Открытый код». Основными перспективами развития системы будут являться:

– Наполнение базы знаний по всем сферам законодательства, актуализация знаний;
– Развитие базы знаний законодательства Самарской области в части предоставления населению Самарской области дополнительных сервисов;
– Информационное продвижение и популяризация среди населения базы знаний законодательства Самарской области.

Заключение

Практически любая область деятельности человека формирует свой профессиональный язык – “сленг”, который является неотъемленной частью зна-

ний этой области. Подчас термины так связаны друг с другом (например, определяются друг через друга), что без предварительной подготовки – базовых знаний, невозможно понять о чем идет речь. Получение таких знаний может быть длительным по времени, дорогим по стоимости или сложным для восприятия.

Рис. 2. База знаний законодательства Самарской области

Возможность формирования запросов на естественном языке, ориентированном на жизненные ситуации граждан, к знаниям, описанных на профессиональном языке, снижает барьер к доступу к этим знаниям и, как следствие, значительно повышает релевантность найденных результатов.

М.В. Андреев, Д.М. Мартышкин, П.В. Ситников, О.Л. Сурнин, С.В. Федотов

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПРОГРАММНАЯ ПЛАТФОРМА СОЗДАНИЯ БАЗ ЗНАНИЙ

(ООО «Открытый код»)

Введение

Современный уровень развития информационных технологий и изменение моделей управления приводят к тому, что обычные учетные информационные системы, созданные на классических базах данных, оказываются недостаточными для удовлетворения потребностей общества. Возникает потребность в мощном интеллектуальном помощнике, который сможет немедленно дать про-

гноз наступления тех или иных событий в различных условиях в результате проведения конкретных управленческих воздействий. Такие информационные системы получили название систем поддержки принятия решений. База знаний — это совокупность моделей, правил и факторов (данных), порождающих анализ и выводы для нахождения решений сложных задач в некоторой предметной области. Выделенные и организованные в виде отдельных, целостных структур информационного обеспечения знания о предметной области становятся явными и отделяются от других типов знаний, например общих знаний. Базы знаний позволяют выполнять рассуждения не только и не столько на основе формальной (математической) логики, но и на основе опыта, фактов, эвристик, т.е. они приближены к человеческой логике. Разработки в области искусственного интеллекта имеют целью использование больших объемов высококачественных специальных знаний о некоторой узкой предметной области для решения сложных, неординарных задач.

В данной статье будут рассмотрены принципы создания баз знаний с применением Интеллектуальной программной платформы создания баз знаний – собственной разработки компании «Открытый код», а также приведены примеры реализации проектов в Самарской области.

Интеллектуальная программная платформа создания баз знаний

База знаний в информатике и исследованиях искусственного интеллекта – это особого рода база данных, разработанная для оперирования знаниями (метаданными). Базы знаний позволяют пользователям быстро и на основе адресного подхода находить нужную для их деятельности информацию с возможностью её интерпретирования в контексте текущей задачи.

Основными отличительными от традиционных баз данных особенностями в базах знаний являются: применение разнородных данных; открытая модель; построение и использование семантической сети (онтологии).

При построении информационных систем на основе баз знаний необходимо руководствоваться следующими основными принципами:

- **Адресность.** Предоставление информации пользователю происходит на основе семантики с учётом его персональных характеристик и индивидуальных параметров запроса.
- **Релевантность.** В результате запроса пользователь получает в удобной для восприятия форме только интересующую его информацию, причем из различных источников.
- **Открытость.** Система открыта для непрерывного пополнения новыми знаниями с целью поддержания ее в актуальном состоянии.
- **Адаптивность.** В основу системы заложена возможность высокой приспособляемости всех её элементов к изменениям условий информационной среды в реальном времени.

Можно выделить следующие способы реализации баз знаний:

- Создание онтологии (семантического описания) необходимой предметной области в виде семантической модели объектов и связей между ними (се-

мантическая сеть). К несомненным достоинствам такого подхода относится наглядность полученного результата;

– Описание правил и связей предметной области при помощи специальных языков программирования с применением в экспертных системах (например, продукт Drools компании Jboss);
– Индексация массивов информации с целью быстрого поиска релевантной информации по запросу пользователя. Например, такие продукты, как Hadoop (Apache corp.) или Fast (Microsoft).

В качестве основного инструмента для записи знаний об описываемой предметной области применяется семейство языков представления знаний – дескрипционные (описательные) логики. Знания подразделяются на общие знания о понятиях и их взаимосвязях (интенсиональные знания) и знания об индивидуальных объектах, их свойствах и связях с другими объектами (экстенсиональные знания). Первые более стабильны и постоянны, тогда как вторые более подвержены модификациям.

Компанией “Открытый код” на основе собственного опыта промышленных разработок и внедрений была создана программная платформа управления базами знаний.

В основе данной программной платформы лежат следующие укрупненные компоненты (рисунок 1):

– Persistence – выполняет роль связующего звена прикладного кода с базой данных;
– Search – выполняет индексацию и формирует ответы на поисковые запросы;
– Statistics – инструментарий для пополнения и выполнения бизнес-правил для анализа хранимых знаний;
– Security – модуль, объединяющий в себе инфраструктуру обеспечения безопасности;
– VCL – визуальные компоненты, позволяющие отображать и редактировать знания универсальным образом.

Рис. 1. Компоненты платформы для разработки систем управления базами знаний

С использованием программной платформы компанией «Открытый код» были созданы и внедрены следующие базы знаний:

– База знаний в социальной сфере – применяется на социальном портале Самарской области для предоставления сведений получателям государственных услуг;

– База знаний стандартов и методик лечения заболеваний;
– База знаний консультирования по медицинским услугам;
– Информационная система на основе базы знаний в диетологии;
– База знаний законодательства для Самарской Губернской Думы;
– Интеллектуальная система управления электронными архивами организации;
– Программная платформа дистанционного обучения и др.

Заключение

База знаний позволяет в режиме интерактивного диалога по описанию проблемы подбирать наиболее эффективные варианты решения (устранения проблем, аварий и др.), применявшиеся ранее на основе уже накопленного успешного опыта и с учётом прошлых ошибок, если таковые имели место быть. Системы данного класса доказали перспективность рассматриваемого подхода в развитии информатики. Он заключается в формализации человеческого знания с помощью декларативных независимых понятий, в организации четко определенных структур, таких, как продукционные правила, фреймы, скрипты и семантические сети.

М.В. Андреев, П.В. Ситников, О.Л. Сурнин, С.В. Федотов

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОНТОЛОГИЙ ПРИ СОЗДАНИИ ПОРТАЛОВ ОКАЗАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ УСЛУГ ГРАЖДАНАМ

(ООО «Открытый код»)

В статье рассматриваются особенности разработки информационных систем, основанных на знаниях. Приведен пример онтологической модели гражданина для платформы получения государственных услуг РПГУ Самарской области. Обозначено направление разработки интеллектуальной системы оказания услуг, основанной на знаниях.

Современный уровень развития информационных технологий предъявляет все новые требования и к автоматизированным системам, обеспечивающих ввод, обработку и поиск данных. Среди таких требований можно назвать возможность работы с большими объемами информации, высокую связанность данных, неоднородность их структуры и интеллектуальный поиск. Наличие данных факторов эмерджентно влияет на релевантность результатов поиска, что в свою очередь напрямую влияет на качество принимаемых управленческих решений. Среди множества различных механизмов интеллектуального поиска достаточно популярным является поиск с использованием семантики данных – знаний, так называемых семантических дескрипторов. Если полезность использования семантики при поиске данных является неоспоримым фактом, то какая именно должна быть структура семантического дескриптора, как он должен ис-

пользоваться, как пополняться, является предметом современных исследований в данной области науки. В данной статье будут рассмотрены особенности применение онтологий на порталах оказания электронных услуг, Региональном портале государственных услуг (РПГУ) Самарской области в частности.

На рисунке 1 представлен экран редактирования онтологического описания гражданина на портале РПГУ Самарской области – семантического описания гражданина. В левом столбце указаны атрибуты, а в правом – их значения.

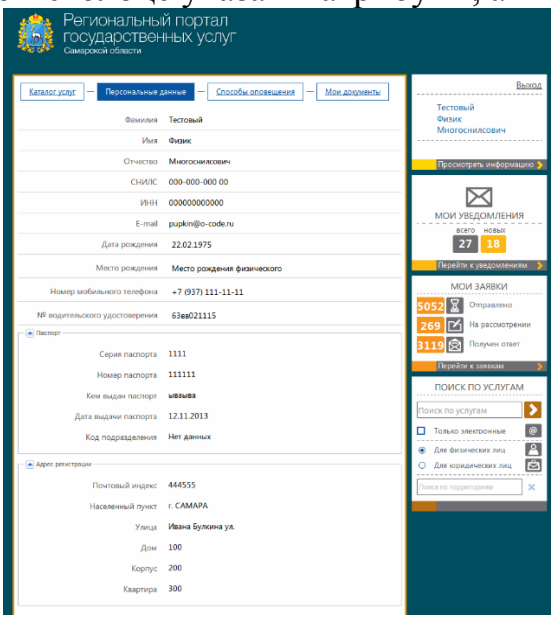


Рис. 1. Использование онтологического подхода
для описания данных граждан

Необходимо отметить, что семантические дескрипторы отличаются для различных категорий граждан наборами задаваемых атрибутов. В частности, можно выделить дескрипторы физических и юридических лиц, а также дескрипторы для иностранных граждан. В зависимости от категории гражданина ему доступны те или иные государственные услуги, формы заявления которых используют соответствующие дескрипторы. В то же время, обеспечивается связь между полями формы и дескриптором, что позволяет автоматически заполнять поля без повторного ввода гражданином данных.

Другим примером использования семантических дескрипторов можно назвать систему оказания электронных услуг гражданам.

Разрабатываемая система ориентирована в первую очередь на предоставление гражданам широкого спектра услуг как государственных, так и коммерческих. Рассмотрим более подробно основные решаемые данной системой проблемы.

Одна из проблем получения различных услуг связана с трудностями по поиску информации о наличии услуги и необходимой последовательности действий, включая подачу и заполнение необходимых документов для получения услуги. Проблема существенным образом усложняется ситуацией, когда необходимо получить несколько услуг в различных организациях в строгом порядке. Подчас путь обхода организаций виден на один-два шага вперед, что в случае ограничений по времени часть документов может потерять актуальность.

На данный момент граждане вынуждены искать (не всегда удачно) специализированные интернет-форумы по обсуждению данных услуг. В ситуации, когда информации на форуме предостаточно, то гражданину, которому необходимо найти опыт получении услуги "сейчас", на форуме часто отвечают "используйте поиск" – на 356 страницах. Говорить о получении услуги в "реальном времени" невозможно даже в принципе.

Для решения рассмотренной проблемы и предназначена система оказания электронных услуг гражданам, задачами которого являются обеспечение поиска, создания и редактирования шаблонов получения услуг. Каждый шаблон имеет семантический дескриптор, обеспечивающий поиск данного шаблона.

Данная площадка разрабатывается как открытая социальная сеть, что позволит аккумулировать знания об различных услугах, пополняемыми самими гражданами путем создания новых шаблонов, открытых голосований, обсуждений как вариантов шаблонов, представленных разными авторами, так и самих услуг. В результате граждане получат исчерпывающую информацию об услугах в единообразной форме, а организации – новый поток клиентов, платформу для ввода новых услуг, а также информацию о популярности своих услуг.

Данный портал оказания электронных услуг развивается на основе существующего задела и опыта промышленных внедрений компании ООО "Открытый код", который применительно к порталу может быть обобщен в виде программной платформы управления базами знаний.

Использование онтологий позволяет существенно снизить сложность разработки, внедрения и сопровождения интеллектуальных систем, работающих с большими объемами знаний, при сохранение таких важных характеристик как открытость, внутренняя семантическая связанность неоднородных по структуре данных, их поиск с необходимой релевантностью, что является необходимым условием для формирования единого информационного пространства как внутри организации, так и между гражданами и государственными учреждениями.

М.Е. Бурлаков

О НЕКОТОРЫХ МОДЕЛЯХ ОПТИМИЗАЦИИ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ГЕНЕТИЧЕСКИМИ АЛГОРИТМАМИ

(Самарский государственный университет)

В статье рассматриваются несколько моделей оптимизации искусственной нейронной сети генетическими алгоритмами, а также дается общая оценка применимости в информационной сфере. Отдельно предлагается к рассмотрению модель *HGANN* (*Hierarchical Genetic Algorithms and Neural Networks*) – общая группа методов генетических алгоритмов, оптимизирующих искусственные нейронные сети в части функции веса нейрона, общей топологии сети и активационной функции. Дополнительно рассмотрены алгоритмы *PGA* (*Parallel genetic algorithm*) и *CHC* (*Cross generational elitist selection, Heterogeneous*

recombination and Cataclysmic mutation), которые потенциально могут быть использованы для работы с искусственными нейронными сетями.

Введение

В настоящее время в информационной среде все больше находят свое применение искусственные нейронные сети (ИНС). Выделяют множество таковых областей: системы обнаружения вторжений, системы предотвращения вторжений, интеллектуальные экспертные системы, системы прогнозирования [1] и т.д. Для каждой реализации той или иной системы, проектируется и применяется конкретное решение, оптимально отвечающее поставленной задаче. Однако вопрос повышения эффективности уже выбранного решения на основе искусственной нейронной сети является крайне актуальным. Не существует общего алгоритма подбора оптимальных параметров искусственной нейронной сети (вес нейрона, общая топология ИНС, функция активации). Одним из методов, предложенных для решения данной задачи, является применение генетических алгоритмов (ГА).

Генетические алгоритмы

Генетические алгоритмы – одно из направлений исследований в области искусственного интеллекта, занимающееся созданием упрощенных моделей эволюции живых организмов для решения задач оптимизации [1]. Генетические алгоритмы – эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации и моделирования путём случайного подбора, комбинирования и вариации искомых параметров с использованием механизмов, аналогичных естественному отбору в природе [2]. Другими словами ГА - представляет собой адаптивный поисковый метод, который основан на селекции лучших элементов в популяции, подобно эволюционной теории Ч. Дарвина.

Эвристический алгоритм поиска (эволюционный поиск) - с точки зрения преобразования информации это последовательное преобразование одного конечного нечеткого множества промежуточных решений в другое. Само преобразование можно назвать алгоритмом поиска, или генетическим алгоритмом [3].

ГА осуществляют поиск баланса между эффективностью и качеством решений за счет «выживания сильнейших альтернативных решений», в неопределенных и нечетких условиях. Выделяют большое множество моделей ГА, целью которых является оптимизация и/или решение поставленной задачи.

У генетических алгоритмов, как у всякой замкнутой системы существует базис операций. Выделяют три основных вида операции:

1. Селекция – процесс, при котором объект информационной структуры с лучшими характеристиками в рамках конкретного набора аналогичных объектов выделяется из общего множества аналогичных объектов и используется для создания нового множества. Например, в антивирусной среде объектом послужил бы набор байтов (сигнатура), тогда как селекция описывала бы процесс, при котором данная сигнатура наилучшим образом детектировала угрозу.

2. Скрещивание. В данном процессе выделяет пара объектов, в результате скрещивания которых образуются новые объекты следующего поколения с отличными от родительских характеристиками. Скрещивание на примере той же сигнатуры означает, что из двух объектов, успешно и максимально детектирующих угрозу предполагается получение третьей сигнатуры, способной решать аналогичную задачу.
3. Мутация. Операция, при которой объект подвергается внутренней корректировки со стороны системы. Выделяют интенсивность мутации – скорость, с которой система может воздействовать на объект информационного множества.

Иллюстрация основных операций генетических алгоритмов представлена на рисунке 1.

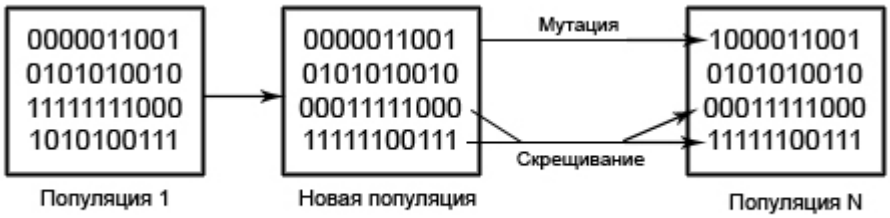


Рис. 1. Основные операции генетического алгоритма

Применение генетических алгоритмов основываются на принципах естественной селекции: в ходе развития набора элементов или объектов (популяции) из поколения в поколение «выживает» наиболее эффективный. Базис объектов ГА в информационных системах носит бинарный характер.

Модели работы генетических алгоритмов

В зависимости от комбинации и работы операций селекции, скрещивания и мутации, выделяют несколько моделей работы ГА:

***Parallel genetic algorithm* модель**

В условиях динамичного развития многопроцессорных систем – на практике это наиболее простой в реализации набор алгоритмов. Выделяют 3 типа *PGA*:

1. *Global single-population master-slave (GSPMS)*. Данный тип характеризуется применимостью в рамках одного множества бинарных объектов. Уровень *Master* (главный уровень) отвечает за хранение всего множества, выполнение базисных операций и распределение полученных объектов среди новых созданных поколений. *Slave* (подчиненный уровень) выполняет операцию вычисления эффективности полученных информационных объектов.
2. *Single-population fine-grained (SPFG)*. Тип *PGA* модели работающий только в рамках одного множества. Замкнутая система, в котором результат операций есть объект, принадлежащий данному бинарному множеству (популяции). Наиболее оптимальным выглядит использование *SPFG* в многопроцессорных системах.

3. *Multiple-population coarse-grained (MPCG)* — характеризуется наличием в одном бинарном множестве, которые обмениваются между собой объектами в ходе работы алгоритма. Операции мутации и скрещивания на вход могут принимать более двух объектов. *MPCG* на данный момент активно исследуется, так как есть ряд вопросов касающихся неоднозначности поведения системы, например, при объединении или миграции нескольких множеств [4].

Плюсы:

– Скрещивание, селекция и мутация – параллельные процессы;
– Детерминированная мощность множества объектов, за счет добавления наиболее эффективных элементов и исключения наиболее неэффективных. Мощность множества не регламентирована;
– Возможность применения в многопроцессорных системах, что значительно ускоряет результат работы;
– Основная область применения задача поиска аномалий (например, поиск ложных подписей ЭЦП, сенсорная защита, системы анализа трафика).

Минусы:

– Не определен эффективный алгоритм мутации двух объектов из разных классов распознавания (например, класс распознавания одного вируса и другого).

Cross generational elitist selection, Heterogeneous recombination and Cataclysmic mutation

Модель, при которой получение нового объекта связано со скрещиванием наиболее приспособленных к распознаванию сигнатур объектов. *CHC* алгоритм произвольно скрещивает объекты одного множества и одного поколения. Воспроизводство нового поколения возможно только у тех объектов, которые отличаются друг от друга на некоторое количество бит (т.н. порог воспроизводства). С тем условием, что данные объекты отличаются друг от друга не незначительное количество бит. После получения новых объектов, создается новое множество, куда они включаются. Одинаковые объекты удаляются при перемещении. Модель наиболее часто используется для небольших множеств.

В случае отсутствия потомков у скрещиваемых объектов порог воспроизводства снижают на некоторое конечное значение. Оператор скрещивания выполняет перекрестное объединение строк двух объектов с последующим случайным исключением половины бит, которые отличаются от первоначальных индивидов.

Важное условие – отсутствие операции мутации на этапе рекомбинации. В случае если при скрещивании объектов потомства нет, а порог воспроизводства упал до 0, *CHC* алгоритм предусматривает введение новых объектов в популяцию путем перезапуска механизма воспроизведения, называемого предельной мутацией.

Предельная мутация использует наиболее эффективные индивиды из старого множества в качестве шаблона для переинициализации следующего мно-

жества. Новое множество включает в себя одну копию строки шаблона, тогда как остальные строки генерируются путем мутации некоторого процента битов второй строки (от второй особи). Уровень мутации битов может доходить до 35% [5].

Плюсы:

– Наличие механизма самокорректировки.
– Основная область применения задача классификации (например, детектирование Спама, решение задачи приоритезации потоков в системах электронного документооборота).

Минусы:

– Необходимость подбора порога воспроизводства и уровня мутации.
– Сложность вычислений при большом количестве объектов в множестве.

Метод Hierarchical Genetic Algorithm and Neural Network

HGAANN используется для оптимизации искусственных нейронных сетей. *HGANN* имеет иерархическую структуру, в которой каждая хромосома состоит из многоуровневых генов. Под генами, в данном случае, понимается набор нейронов ИНС (рисунок 2). В модели, как правило, выделяют 3 вида генов [6]:

1. *LCG* (*Layer Control Gen*) – ген по управлению слоями, отвечает за обработку поступающей информации и последующую передачу на уровень *NCG*;
2. *NCG* (*Neuron Control Gen*) – ген, содержащий в себе многослойный модуль обработки данных ИНС;
3. *CG* (*Connection Gen*) – ген, отвечающий за отображение полученной информации и последующего взаимодействия с внешними системами (значение ИНС).

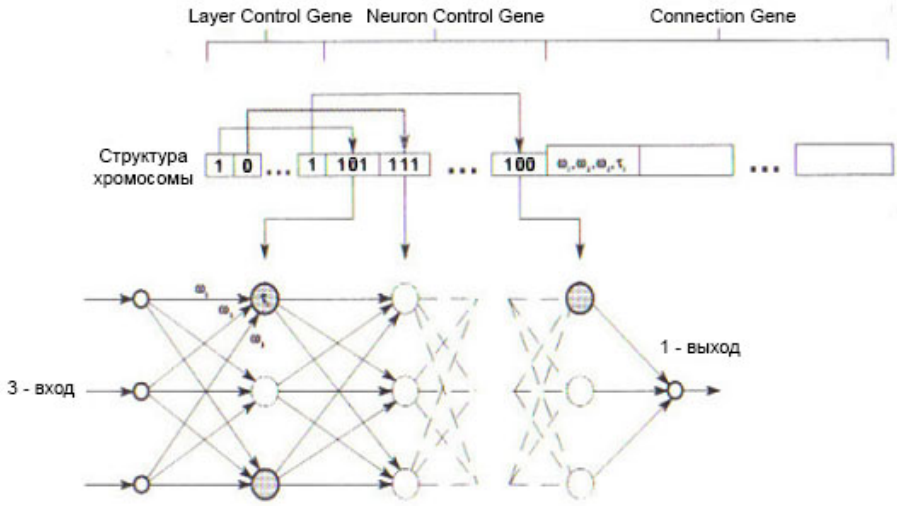


Рис. 2. Схема *HGANN*

Каждый ген состоит из двух частей: контрольной и коммутационной. Контрольная часть - есть нейрон и активационная функция ω, а коммуникационный ген – вес нейрона и его бинарный базис. Неактивные гены, как правило, уничтожаются, при создании нового поколения объектов. Основная задача дан-

ной конструкции: поддержка баланса между имеющейся базой знаний ИНС и дальнейшей ее актуализацией. Разовое изменение какого-либо параметра на ранних слоях влечет существенные изменения в полученных результатах работы *HGANN*.

Структурная схема работы алгоритма *HGA* представлена на рисунке 3.

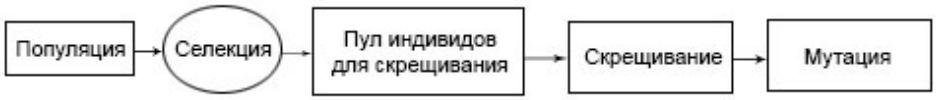


Рис. 3. Блок-диаграмма *HGA*

В пул объектов для скрещивания попадают все представители множества объектов, контрольная часть генов (подмножества множества бит данного объекта) которых отвечают условиям оптимальной выборки.

Опишем основные шаги работы метода *HGANN*:

1. Получение новой популяции после работы *HGA* алгоритма стадии мутации;
2. Сборка необходимых нейронов, отвечающих заданным параметрам (вес, функция активации, топология) согласно индивидам из новой популяции
3. ИНС, обучение и тренировка;
4. Оценка полученных результатов работы ИНС, в случае получения неоптимальных параметров генерация новой популяции;
5. Замена старой популяции новой и передача на вход *HGA* алгоритму.

Общая блок-диаграмма метода *HGANN* представлена на рисунке 4.

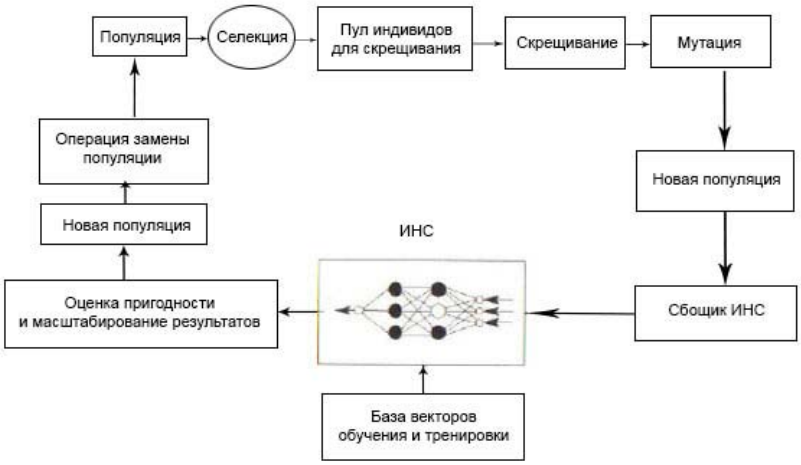


Рис. 4. Блок-диаграмма *HGANN*

Заключение

Продемонстрированные методы и модели в ходе практического анализа показали возможность оптимизации ИНС. Кроме того, выбор ГА характеризовался решаемой ИНС информационной задачи. Однако вопрос повышения эффективности ИНС нелинеен и связан, прежде всего, с попытками увеличения эффективности работы каждой из ее компонент: топологии, весовых параметров, функций активации. Рассмотренные *HGANN*, *PGA* и *CHC* модели показы-

вают общую тенденцию применимости генетических алгоритмов в вопросах оптимизации искусственных нейронных сетей в информационных системах.

Литература

1. Девятых Д.В., Гергет О.М., Михаленко И.В. Применение искусственных нейронных сетей для прогнозирования развития перинатального поражения нервной системы. – Известия Волгоградского государственного технического университета : межвуз. сб. науч. ст. № 8(111) / ВолгГТУ. – Волгоград : ИУНЛ ВолгГТУ, 2013. – С. 77.

2. Генетические алгоритмы [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа: http://www.aiportal.ru/articles/genetic-algorithms/genetic-algorithms.html

3. Генетические алгоритмы [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%82%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%B0%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC

4. Определения и основные понятия генетических алгоритмов: Интернет-лекция в рамках научной школы Третьей конференции молодых ученых [Электронный ресурс]. – 2013. – Режим доступа: http://faculty.ifmo.ru/csd/files/kureichik_v_m_lebedev_b_k_internet_lecture.pdf

5. Erick Cantú-Paz A Survey of Parallel Genetic Algorithms // Department of Computer Science and Illinois Genetic Algorithms Laboratory University of Illinois at Urbana-Champaign, 2013. – С. 5.

6. Darrell Whitley Genetic Search for Feature Subset Selection: A Comparison Between CHC and GENESIS // Department of Computer Science Colorado State University Fort Collins, Colorado 80523 USA, 2012. – С. 7.

7. Dr. M.V. Siva Prasad An Intrusion Detection System Architecture Based on Neural Network and Genetic Algorithms // Principal Anurag Engineering College, 2013. – С. 6.

Л.Р. Габдрахманова, В.В. Мокшин

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ОПТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ СИМВОЛОВ

(Казанский национальный исследовательский технический университет им А. Н. Туполева – КАИ)

Проблема автоматизированного оперативного распознавания текстовой информации является актуальной задачей, связанной с широким классом практических приложений. Одной из таких задач является распознавание автомобильных номеров. Разработка системы, которая автоматически отслеживает нарушителей дорожного движения и записывает автомобильные номера нарушителей в базу данных, позволит ощутимо снизить количество нарушений и аварийность на дорогах.

На сегодняшний день в мире уже существует несколько систем автоматического распознавания автомобильных номеров. Все они далеки от совершенства и постоянно модифицируются. Тем не менее, общая структура и решения данной задачи уже сформированы.

Объектом исследования работы является интеллектуальная программная система распознавания символов на основе искусственных нейронных сетей, её внутренняя структура.

Предметом исследования являются способы построения рациональной архитектуры нейронной сети, качественного обучающего множества и алгоритмов обучения искусственной нейронной сети.

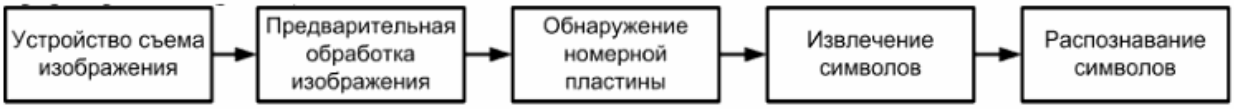


Рис. 1 Общая структура типовой системы распознавания автомобильных номеров

Устройство съема изображения – видеокамера. На установку видеокамеры накладывается ряд ограничений таким образом, чтобы номерная пластина занимала в кадре по горизонтали от 25 до 33%. Максимальная допустимая скорость автомобиля, при которой возможно распознавание, зависит от угла наклона камеры к полотну дороги. Оптимальной считается горизонтальная установка видеокамеры, т. е. на том уровне, где находится номерная пластина. Такая установка используется в системах автоматического пропуска на закрытую территорию, парковки и т. д.

Другим важным параметром является минимально допустимая контрастность изображения номерной пластины. В некоторых системах устанавливается дополнительный модуль, состоящий из инфракрасной подсветки и соответствующего фильтра. Такой подход позволяет повысить контрастность номерной пластины по отношению к остальному изображению.

Предобработка полученного изображения включает следующие этапы:

1. Коррекция изображения – эквилизация, ограничение экстремальных значений яркости, видоизменение гистограммы распределения яркостей.
2. Устранение эффекта смазывания изображения, возникающего в связи с тем, что скорость автомобиля больше, чем скорость регистрации.
3. Устранение избыточной информации – бинаризация, разбиение изображения на отдельные цветовые регионы.

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. Использование методов адаптивной бинаризации позволяет, тем не менее, решить данную проблему более качественно.

Одним из применяемых подходов для локализации номерной пластины является метод обнаружения границ изображения. Алгоритм обнаружения границ должен обнаруживать как горизонтальные, так и вертикальные края. Результирующее изображение, после выделения краев должно содержать большое количество линий в области пластины номерного знака, т. к. она содержит символы. Это основное свойство, которое используется для выделения области пластины номерного знака на изображении.

После того как номерная пластина локализована, выполняется операция обнаружения символов. Для устранения избыточной информации используется алгоритм бинаризации. Выбор порога в алгоритме осуществляется на основе яркостной гистограммы изображения, которая представляет собой одномерный массив H[0, 255], в каждой ячейке которого содержится число точек изображения, имеющих значение интенсивности I.

Согласно наблюдениям, автомобильный номер обладает следующим свойством: средняя площадь всех символов занимает около 23% от площади всего номера, который имеет прямоугольную форму. Для разных номеров отклонения от этого значения не превышает 5%. В этом случае порог бинаризации T может быть определен следующим выражением $\sum_{j=0}^{r-1} H[j] \le 0{,}23S$, где S – площадь прямоугольника, описывающего номер автомобиля.

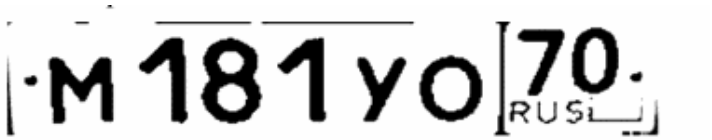


Рис. 2. Полученное изображение после бинаризации

Из положения символа на номере становится ясно буква это или цифра. Поэтому для символа, из сравнения его растра с эталоном, получаем 10 или 12 оценок для цифры или буквы соответственно.

Проблема распознавания изображений изучается много лет. Разработано много различных методов и алгоритмов распознавания образов [1], но эффективность каждого из них очень сильно зависит от решаемой задачи.

Свойства искусственных нейронных сетей позволяют продуктивно использовать их на этапе распознавания выделенных номерных знаков.

Однако требуется выбрать тип нейронной сети и её архитектуру для качественного решения задачи распознавания цифр и букв русского языка, обеспечивающей правильное считывание информации с изображения и её анализ с целью идентификации автомобильного номерного знака даже при наличии помех.

В рамках проведенного исследования выполнено сравнение самых распространенных видов нейронных сетей с точки зрения эффективности распознавания.

Анализ показал, что хороший результат дают нейросети обратного распространения ошибки и сети Кохонена.

Нейросети обратного распространения по структуре аналогичны сети Кохонена, но функционируют и обучаются иначе. Сигнал с выходных нейронов или нейронов скрытого слоя частично передается обратно на входы нейронов входного слоя (обратная связь) [2].

К недостаткам относят низкую скорость обучения.

Среди преимуществ можно выделить то, что обратное распространение - эффективный и популярный алгоритм обучения многослойных нейронных сетей, с его помощью решаются многочисленные практические задачи.

Модификации алгоритма обратного распространения связаны с использованием разных функций погрешности, разных процедур определения направления и величины шага.

Для оценки эффективности использовалось три фундаментальных понятия: емкость, сложность образцов и вычислительная сложность. Под емкостью понимают, сколько образцов может запомнить сеть, и какие границы принятия решений могут быть на ней сформированы. Сложность образцов определяет число обучающих примеров, необходимых для достижения способности сети к обобщению. Вычислительная сложность связана с мощностью процессора ЭВМ.

Исследования показали высокую эффективность нейронной сети обратного распространения. Поэтому был проведен ряд исследований, с целью оценки качества распознавания цифр и букв на номерном знаке автомобиля с помощью нейронной сети обратного распространения.

В работе использованы методы распознавания объектов, обработки изображений, методы обучения нейронной сети и на программной модели проведены сравнение и анализ этих методов.

Предложена методика подбора параметров для настройки нейронной сети с помощью генетических алгоритмов. Эта методика отличается от существующих тем, что использование нейросетевых структур и алгоритмов обучения обеспечивают высокую скорость распознавания символов.

Достоверность результатов работы определяется за счет использования проверенных практикой математических методов и алгоритмов. Эксперимент с использованием реальных данных полностью подтвердил логические выводы, показал правильность и работоспособность разработанных методов распознавания и программных средств. Метод имеет приемлемую точность распознавания и высокое быстродействие.

Литература

1. Комарцова Л.Г. Нейрокомпьютеры. — М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2002. — 576 с.

2. Головко В.А. Нейронные сети: обучение и применение. — М.: ИПРЖР, 2001.

3. ГОСТ 50577-93. Знаки государственные регистрационные транспорт-

ных средств типы и основные размеры. Технические требования. Введен 01.01.94. – М.: Издательство стандартов. – 33 стр.

Н.М. Гончарова, Н.С. Жолудева

РАЗВИТИЕ ИНФОРМАЦИОННО - КОММУНИКАТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ

(ФГБОУ ВПО Орел, ГАУ, г. Орел, Россия)

Развитие общества, науки и техники ставит систему образования перед необходимостью использовать новые средства обучения. К таким средствам обучения относятся информационно-коммуникативные технологии. Совершенствование технических средств коммуникаций привело к значительному прогрессу в информационном обмене. Появление новых информационных технологий дает возможность создавать качественно новую информационно - образовательную среду как основу для развития и совершенствования системы современного образования [1].

Информационно - коммуникативные технологии не только обеспечивают революционное развитие внутри данной отрасли знаний, но и оказывают непосредственное влияние на научно-технический прогресс во всех сферах деятельности общества. Таким образом, они обеспечивают быстрое накопление интеллектуального и экономического потенциала стратегических ресурсов, которые в свою очередь гарантируют устойчивое развитие общества.

Инновационные технологии в образовании построены на качественно новых принципах, методах, средствах и технологиях. Это позволяет достигнуть образовательных эффектов, которые в свою очередь характеризуются:

- усвоением максимального объема знаний;
- максимальной творческой активностью;
- широким спектром практических навыков и умений.

Информационно-коммуникационные технологии в своем роде универсальны, так как они применяются во всех отраслях знаний: гуманитарной, естественнонаучной, социально-экономической, политической и др.

Отличительными особенностями информационно-коммуникационных систем в образовании являются:

- многоуровневость телекоммуникационной инфраструктуры;
- интегрированность образовательной информационной среды;
- распределенность учебного процесса;
- мультимедийное образовательных ресурсов;
- технологии реального времени.

Использование информационно-коммуникационных технологий в современном мире дает возможность значительно ускорить процесс поиска и передачи информации. Доказано, что уровень развития и внедрения информацион-

но-коммуникационных технологий в производственную деятельность определяет успех любой фирмы[2].

Информационные технологии включают в себя программированное обучение, интеллектуальное обучение, экспертные системы, гипертекст и мультимедиа, микромиры, имитационное обучение, демонстрации, презентации. Эти методики применятся в образовании в зависимости от учебных целей и учебных ситуаций, в случае если необходимо глубже понять потребности учащегося, если важен анализ знаний в предметной области и когда основную роль может играть учет психологических принципов обучения.

В современном образовании невозможно представить себе работу ученого, преподавателя, студента без Интернета. Доступ к электронным библиотекам, базам данных, порталам, музеям обеспечивает эффективный поиск и оперативное получение необходимой информации, интерактивных обучающих программ: мультимедийные курсы, виртуальные лаборатории и музеи, тестирующие системы, необходимые элементы в самостоятельной работе студентов[3].

Научно-технический прогресс - это процесс непрерывного развития науки, техники, технологии, совершенствования предметов труда, форм и методов организации производства и труда. Научно-технический прогресс - это процесс постоянного обновления всех элементов воспроизводства, главное место в котором принадлежит обновлению техники и технологии.

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- информационно-коммуникационные технологии -это процесс непрерывного развития науки, техники, технологии, совершенствования предметов труда, форм и методов организации производства и труда;
- информационно-коммуникационные технологии играют определяющую роль в развитии современного образования;
- экономический эффект информационно-коммуникационных технологий - результат научно-технической деятельности. Он проявляется в форме прироста продукции, снижения затрат на производство, а также снижения экономического ущерба.

Литература

1. Балыхин Г.А. Управление развитием образования: организационно-экономический аспект.-М.:Экономика, 2009.
2. Гребнев Л.С. Образование и будущее России в многоконфессиональном мире/ Л. С. Гребнев// Образование. 2010. –No 3. -с. 4.
3. Пугачева Н.Б. Источники инноваций общеобразовательного учреждения/ Н. Б. Пугачева // Завуч. -2011. -No 3. -с.29.

В.В. Графкин

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ТРУДОУСТРОЙСТВА ВЫПУСКНИКОВ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Достаточно ли работодателю информации, что соискатель набрал необходимое количество проходных баллов при оценке знаний и навыков? Основным фактором, влияющим на положительный ответ, является репутация оценившего. С учетом основного уклона в данной статье на вузы, важна репутация вуза, в некоторых случаях - репутация отдельных факультетов вуза.

Если человек формирует себя как специалиста сам, а вуз способствует формированию специалиста, как оценить работу вуза? Ответ: как и все продающееся - с помощью рынка. Оценка должна быть не из системы - не из системы образования. Федеральная налоговая служба (ФНС) содержит базу данных о всех официальных доходах физических лиц, и если возникает вопрос о защите личных данных, то можно применить следующую схему обработки информации.

1. Образовательное учреждение (ОУ), после вручения диплома выпускникам, отсылает в Министерство Образования и Науки (МОН), а также в региональное управление ФНС заявки (для каждой специальности, по которым прошел выпуск) с данными о выпускниках, содержащие:

– наименование ОУ;
– специальность, по которой прошли аттестацию выпускники;
– количество выпускников;
– список выпускников (паспортные данные выпускника: ФИО, серия, номер, и другая информация, необходимая для идентификации налогоплательщика).

Если вручение дипломов обычно проходят 2 раза в год - до 1 марта и до 1 июля, то вуз должен передавать данные в ФНС соответственное количество раз до указанных дат.

2. ФНС, получив заявку от ОУ, передает соответствующее подтверждающее сообщение ОУ и МОН, которое выдает в соответствующем разделе своего сайта сообщение, содержащее наименование ОУ, специальность, дату и время приёма ФНС данных от ОУ.

3. ФНС после 6 месяцев, прошедших со дня получения заявки от ОУ, должна начать обрабатывать информацию об указанных в заявке выпускниках (используя всероссийскую БД и БД стран-партнеров, если такое возможно) с целью определения кто из выпускников трудоустроен, причем трудоустроен в течение 5 месяцев из 6, прошедших со дня, считающего днем начала трудоустройства выпускников (1 марта или 1 июля). Данные временные рамки необходимы, так как ОУ должно выпускать специалиста, сразу востребованного на рынке труда, и 1 месяц можно выделить на выбор работодателя(-ей), переход от одного работодателя к другому, регистрацию своего бизнеса и т.п. В течение

месяца со дня начала обработки данных ФНС передает в МОН данные, соответствующие каждой заявке от каждого ОУ, следующего содержания:

- наименование ОУ;
- специальность, по которой прошли аттестацию выпускники;
- количество выпускников;
- количество трудоустроенных выпускников в течение 5 месяцев из 6, прошедших со дня, считающего днем начала трудоустройства;
- список доходов (обезличенный):
    - доход за последние 2 месяца трудоустройства (из 6 анализируемых);
    - наименование организаций, в которой трудоустроен выпускник, и соответствующие должности, занимаемые им (данная позиция может использоваться в дальнейшем для анализа соответствия специальности выпускника его трудовой занятости).

Позиции списка доходов, передаваемых от ФНС в МОН, должны быть выстроены в случайном порядке, что позволит не связывать доход с конкретным выпускником, тем самым защищая личные данные.

4. МОН, получив данные от ФНС, выдает в соответствующем разделе своего сайта в соответствующей каждой заявке от ОУ графе сообщение, содержащее дату и время приёма данных от ФНС и приступает к обработке этих данных. В течение 1 недели МОН в соответствующих каждой заявке ОУ графах выставляет график распределения доходов выпускников (предварительно округлив значения), из которого определяет число, отражающее наиболее распространенный доход выпускников за последние 2 месяца трудоустройства (из 6 анализируемых).

Представленный алгоритм легко автоматизируется, и, при определенном желании, преобладающая часть предложенной схемы обработки информации может реализовываться в автоматическом режиме.

Автор намеренно не рассматривает вопросы, связанные с "нереализованной продукцией" - нетрудоустроенными в указанный период выпускниками, чтобы не усложнять модель расчетов. При этом абсолютно точно, что данные вопросы должны анализироваться как в ОУ, так и в МОН.

Как и во многих организациях, применяющих процессный подход и производящих материальную продукцию, а не услуги, логично было бы связать зарплаты сотрудников ОУ со "стоимостью" выпускников. Это обстоятельство является основным доводом для внедрения предлагаемой автоматизированной системы.

В.П. Дерябкин, А.И. Белоусов

АССОЦИАТИВНЫЙ ПОИСК ПО ОБРАЗЦУ В ФРЕЙМОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СРЕДЕ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

В [1-4] были изложены концепция, формальные модели и результаты построения интеллектуальной информационной компьютерной среды (ИКС) с фреймовым способом представления знаний, дополняемой при необходимости правилами-продукциями, которые также могут быть заданы фреймами с унифицированной структурой. Реализация среды выполнена в виде интеллектуальной информационной системы фреймового типа (ИИСФТ).

Фреймы базы знаний могут быть подразделены на группы:

– *активные* в логическом выводе результата, имеющие слоты с исполняемыми присоединенными процедурами или правилами (демонами и/или значениями слотов) F_a – поведение этих фреймов определяет логический вывод;
– *пассивные*, не имеющие слотов с присоединенными процедурами логического вывода F_p (они представляют фреймы-структуры, аналогичные таблицам, изменение значений слотов на время вывода запрещено).

К активным фреймам относятся системные фреймы, например, фрейм приложения и др., имеющие хотя бы одну присоединенную исполняемую процедуру или правило.

Из многочисленных методов решения задач в интеллектуальных системах как с чёткой, так и с нечёткой логикой [5] выделим, на наш взгляд, наиболее перспективные для фреймовых систем:

a) традиционные, в форме алгоритма инициализации присоединённых процедур или правил по данным пассивных фреймов;
b) поиск по образцу решения, наиболее близкого к образцу среди пассивных фреймов с использованием той или иной меры близости;
c) метод распространения возбуждения по сети фреймов.

В системе должен иметься исходный активный фрейм-ситуация «запрос» стандартной структуры, содержащий слоты параметров запроса, а также слот результата. Именно обращение к слоту результата за значением инициализирует процесс решения задачи (логического вывода).

Следует различать базу знаний среды разработки – общую базу знаний, применимую для всех возможных приложений (справочная библиотека) и частную базу знаний (приложение).

База знаний ИКС в случае одного приложения представляет собой множество фреймов $F = F_{sys} + F_{app}$ (объединение фреймов инструментальной системы и фреймов приложения соответственно) [2].

Каждый фрейм $f \in F$ рассматривается как некоторое подмножество слотов из множества S :

$$S = \{< v, u, \{Q_i\}, \{D_j\}, \{C_k\}, \alpha >\}, \quad (1)$$

$v \in \mathbb{T}$ – значение слота; $u \in \mathbb{T}$ – значение слота по умолчанию (значения определены на системе типов $\mathbb{T}$); $\{Q_i\}$ - упорядоченное множество присоединенных к слотам правил или процедур-демонов поиска значений слота типа IF_NEEDED; $\{D_j\}$ - упорядоченное множество присоединенных к слоту правил или процедур-демонов типа IF_CHANGED, обрабатывающих событие изменения значения слота; $\{C_k\}$- упорядоченное множество ограничений на значения слота (набор правил или предикатов $C_k \in \mathbb{E}$, $\mathbb{E}$ - множество выражений); α – флаг, используется в контексте вывода для управления выводом, булевского типа. Для доступа к значениям слота используем операцию разыменования: *s.v, s.u; s*.IF_NEEDED$_i$; *s.* α и т.п.

Традиционный метод решения a) использует хорошо известную семантику работы с присоединёнными правилами и процедурами-демонами. Данная семантика подробно рассмотрена в [3,6]. Далее основное внимание будет уделено случаю b). Метод c) на сетях фреймов изложен в [4].

Задача поиска множества фреймов, релевантных фрейму-образцу (эталону), является частным случаем общей задачи ассоциативного поиска релевантных знаний в интеллектуальной системе [7] при условии выполнения следующих ограничений:

1) начальные и конечные образы ассоциаций задаются фреймами описанной структуры;
2) каждый фрейм *f* имеет уникальное имя (идентификатор) $id \in I$, $I \subset \mathbb{I}$, ($\mathbb{I}$ – полное множество идентификаторов фреймов и слотов) и содержащий как агрегацию набор слотов из множества S: $S_f \subset S$;
3) каждый слот *s* имеет уникальный в пределах фрейма идентификатор $id_s \in I_s$, $I_s \subset \mathbb{I}$;
4) каждый слот *s* может иметь значения $v \in \mathbb{T}$, $u \in \mathbb{T}$ с учётом наложенных ограничений $\{C_k\}$, включая неизвестное значение NIL;
5) пространство признаков фреймов, учитываемых в ассоциациях, может включать все возможные элементы кортежей множества *S,* как системных (предопределённых), так и пользовательских;
6) поиск ассоциативных фреймов ведётся на множестве фреймов, не изменяемых в процессе поиска и не включающем активный начальный фрейм-ситуацию «запрос»;
7) фреймы образуют иерархические структуры в виде обобщений с наследованием и агрегаций; для их образования в определение фрейма вводятся специальные системные слоты со значениями ссылочного типа;
8) обучение среды в процессе поиска не производится – это тема отдельных исследований.

Будем рассматривать элементарную ассоциацию между двумя фреймами $\alpha(f_0,f_1)$ как некоторое отношение подобия (сходства), определённое с помощью той или иной меры близости. Предполагается, что это отношение симметрично, рефлексивно и транзитивно [7]. Фрейм $f_0 \in F_a$ является начальным образом ассоциации (эталоном), он активен во время поиска ассоциации и является фрейм-ситуацией «запрос», содержащей все необходимые условия поиска. Фрейм $f_1 \in F_p$ является конечным образом ассоциации, он пассивен и не изменяется во время поиска. Успешность поиска фиксируется предикатом $\psi(f_0,f_1,m^a,t^a)$, где m^a – заданная мера подобия, t^a - заданное время поиска (или количество тактов при поиске в дискретном времени). Результатом поиска может быть множество элементарных ассоциаций $A = \{\alpha_i(f_0,f_i)\}$, $i = (1,n)$, для которых предикат истинен.

Стратегия поиска ассоциаций зависит от вида графа, отображающего структуру фреймовой базы знаний. В данном случае все фреймы являются наследниками единственного корневого системного фрейма [2] и образуют иерархию обобщений $f\ g \Leftrightarrow |f.isa| = g$, где $|\cdot|$ - операция вычисления значения наследуемого слота потомка $f.isa$, g – родитель). Потомок f, как частный пример родителя, может содержать и свои, специфичные для предметной области слоты. Иерархия обобщений отображается корневым ориентированным деревом. Иерархии агрегаций могут не учитываться, так как полный просмотр дерева обобщений гарантирует полный просмотр всех фреймов, составляющих узлы этого дерева.

Известно[5], что основными алгоритмами поиска цели на дереве являются различные варианты поиска с возвратами (backtracking), включающими поиск в глубину, поиск в ширину, поиск от цели, поиск от данных. При разработке алгоритма поиска по образцу во фреймовой среде количество просматриваемых узлов (фреймов) может быть существенно сокращено за счёт следующего:

1) все фреймы имеют уникальные идентификаторы (имена), поэтому задание в образце имени фрейма однозначно определяет единственную цель поиска;
2) все слоты внутри фрейма имеют уникальные идентификаторы (имена), что должно быть учтено при выборе направления поиска – в первую очередь следует начинать с поиска в ширину от корневого фрейма, просматривая несколько уровней один за другим, а затем при совпадении имён слотов использовать поиск в глубину с возвратами в случае необходимости;
3) численная мера подобия фреймов должна быть задана в эталоне вместе с указанием на исполняемую процедуру её определения и порог, ниже которого фреймы-прототипы, частные фреймы (с частично заполненными слотами) и фреймы-экземпляры не могут считаться подобными;
4) мера подобия может быть задана лингвистической переменной в эталоне вместе с указанием на исполняемую процедуру определения её значений и условия (предикаты) подобия;
5) при задании сложной меры подобия комбинированного типа рекомендуется задавать весовые коэффициенты мер в комбинации с приведением к какой-либо единой метрической шкале.

При сравнении фреймов между собой в поиске ассоциаций целесообразно использовать результаты исследований, приведённые в [10], с учётом формализации фреймовых структур ИИСФТ. При этом *ассоциация по абстракции* соответствует ассоциации между фреймами, определяемой только по именам (идентификаторам) слотов без учёта значений и их типов. *Ассоциация по реализации* определяется с учётом значений слотов и их типов.

Очевидно, все фреймы, входящие в ветви дерева обобщений, находятся между собой в ассоциации по абстракции, так как в силу наследования они имеют один или несколько общих слотов. Наиболее простой мерой подобия, как указано в [10], в этом случае является доля совпадающих идентификаторов слотов от общего количества слотов в ассоциированных фреймах.

Вводя ту или иную меру подобия, можно оценить силу ассоциации по реализации между фреймами как количественно, так и качественно (слабая, сильная и т.п.). Для количественных оценок представляется перспективным использование методов нечёткой логики, что является предметом дальнейших исследований.

Литература

1. Дерябкин, В.П. Фреймовая база знаний информационной компьютерной среды [Текст] / В.П. Дерябкин, А.И. Белоусов // Перспективные информационные технологии для авиации и космоса. Избранные труды международной конференции с элементами научной школы для молодёжи. – Самара, СГАУ, 2010. – С. 61-64.

2. Дерябкин, В.П. Модель базы знаний интеллектуальной фреймовой среды [Текст] / В.П. Дерябкин // Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении (ПИТ 2012). – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2012. – С. 164-168.

3. Белоусов, А.И. Семантика языка представления знаний в инструментальной среде фреймового типа [Текст] / А.И. Белоусов // Избранные труды международной конференции с элементами научной школы для молодёжи. – Самара, СГАУ, 2010. – С. 158-162.

4. Дерябкин, В.П. Поиск решения методом распространения возбуждения в сети фреймов интеллектуальной компьютерной среды [Текст]/ В.П. Дерябкин // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2013). – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2013. – С. 105-108.

5. Джарратано, Д. Экспертные системы: принципы разработки и программирования, 4-е издание [Текст]/ Д. Джарратано, Г. Райли . – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. -1152 с.

6. Сошников Д.В. Логический вывод на основе удалённого вызова и включения в системах с распределённой фреймовой иерархией [Текст]/ Д.В. Сошников // Под ред. В.Е. Зайцева. - М.: «Вузовская книга», 2002. – 48 с.

7. Гаврилов, А.В.. Гибридные интеллектуальные системы [Текст] / А.В.Гаврилов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 142 с.

8. Любченко, В.В. Метод поиска фрейма по шаблону на основе ассоциаций [Текст]/ В.В. Любченко, В.А. Крисилов // Труды Одесского политехнического университета, спецвыпуск. – Одесса, Издательство Одесского политехнического университета, 2006. – С. 60 – 63.

Д.В. Еленев, А.О. Линник

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ СНИЖЕНИЕ ДУБЛИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ УНИВЕРСИТЕТА

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

Задача сбора и анализа данных о результативности деятельности подразделений является насущной для всех крупных научно-образовательных организаций. Построение внутренних рейтингов подразделений и работников, оценки результатов научной деятельности работников и студентов, подготовка внешних отчетов требует полноту, достоверность и своевременность поступления данных.

В Самарском государственном аэрокосмическом университете имени академика С.П.Королева (национальном исследовательском университете) задача сбора сведений о достижениях работников и подразделений решается при помощи информационно-аналитической системы мониторинга деятельности подразделений и количественной оценки качества работы университета [1]. В состав системы мониторинга входит комплекс автоматизированных рабочих мест (АРМ): «Ректор», «Проректор», «Дирекция Программы развития национального исследовательского университета», «Кафедра», «Управление образовательных программ», «Интеллектуальная собственность», «Научно-исследовательская работа студентов», «Управление обеспечения инновационной деятельности», «Отдел управления качеством» и др. Основная нагрузка по сбору сведений о достижениях работников и подразделений ложится на АРМ «Кафедра».

Для оперативного контроля деятельности подразделений в системе мониторинга используется построение отчетов на основании данных, введенных в течение текущих контрольных периодов. Текущий контрольный период установлен равным декаде, а текущие контрольные точки – 10, 20 и последние числа каждого месяца. Данные, собранные и обобщенные пользователем АРМ за текущий контрольный период, заносятся пользователями АРМ «Кафедра» не позднее даты текущей контрольной точки.

В число предоставляемых пользователями АРМ «Кафедра» данных входят сведения об опубликованных научных работах, участии студентов в конкурсах, участии работников в конкурсах, проведенных научных мероприятиях,

результатах анкетирования работников и студентов, участии в выставках и подготовке выставочных экспонатов, материальной базе и т.д.

Последующая за вводом обработка данных, расчет интегральных показателей и построение аналитических отчетов осуществляются в системе автоматически. Для построения отчетов используются те данные, достоверность которых была подтверждена, во-первых, пользователем АРМ «Кафедра» путем закрытия отчетного периода и, во-вторых, пользователем соответствующей точки ответственности в системе (согласно возложенной ответственности по учету данных). Например, для сведений об опубликованных научных работах точкой ответственности является отдел сопровождения научных исследований с одноименным АРМ. По результатам проверки введенные сведения могут быть подтверждены, отклонены или отмечены как дублирующиеся.

Достоверность и чистота данных в системе мониторинга являются важным фактором, позволяющим их использование в построении рейтингов работников и подразделений и для вычисления баллов (по ряду показателей) профессорско-преподавательского состава в системе стимулирования труда ППС, действующей в СГАУ с 2013 г.

Основными причинами дублирования информации являются повторный ввод сведений одним и тем же пользователем и предоставление одних и тех же сведений несколькими пользователями (работниками разных кафедр). Наиболее характерным с точки зрения дублирования видом данных являются сведения об опубликованных научных работах, а основным признаком дублирования – схожесть названий публикаций. В случае предоставления сведений об одной и той же публикации полного совпадения названий зачастую не происходит из-за опечаток, копирования знаков переноса и т.п., что осложняет поиск и учет дублированных записей.

Ранее в системе мониторинга для поиска в существующей базе данных был разработан специализированный алгоритм, использующий коэффициент сходства предполагаемых дубликатов записей с подобными записями [3], работающий на основе алгоритма Metaphone. Сравнение не самих названий, а сгенерированных на их основе ключей позволяет уменьшить влияние опечаток на результаты поиска, т.к. схожие по звучанию слова дают одинаковые ключи. В то же время данный разработанный алгоритм слабо справляется с поиском записей, имеющих пропущенные слова и не позволяет избавляться от дублирования на стадии ввода информации.

Автоматизация снижения степени дублирования может быть разделена на две взаимодополняющих части: усовершенствованный поиск дубликатов среди уже имеющихся записей и поиск записей при вводе новых записей в базу данных системы.

Для сравнения строк были опробованы три алгоритма: алгоритм шинглов (англ. shingles – чешуйки) и алгоритмы на основе метрик Дамерау-Левенштейна и Джаро-Винклера. Перед началом работы каждого алгоритма строки приводятся к общему виду: символы переводятся в нижний регистр, убираются служебные символы, кратные пробелы, пробелы в начале и конце строк.

В алгоритме шинглов обе строки разбиваются на «чешуйки» длиной 2 слова каждая (если хотя бы одна строка состоит из одного слова, то длина «чешуек» становится равной 1). «Чешуйки» составляются внахлест. Для каждой «чешуйки» высчитывается циклическая контрольная сумма и производится сравнение полученных контрольных сумм. Схожесть S двух строк находится здесь как

$$S = \frac{2a}{n+m},$$

где α – количество совпавших контрольных сумм, n – количество слов в первой строке, m – количество слов во второй строке. Алгоритм не учитывает возможные ошибки в словах, и из-за того, что сравнивает наборы слов, не способен полноценно распознать схожесть строк, в которых слова будут переставлены местами.

В алгоритме на основе метрики Дамерау-Левенштейна используется так называемое расстояние Дамерау-Левенштейна – количество символов, которые нужно удалить, вставить или заменить в одном слове, чтобы получить из него другое слово. Две строки, поданные на вход программы, разбиваются на два массива по словам, в качестве разделителя используется пробел. После чего для каждого слова первой строки вычисляется расстояние Дамерау-Левенштейна ко всем словам второй строки, тем самым строя матрицу размером (n x m), где n и m – количество слов первой и второй строки соответственно.

В алгоритме на основе метрики Джаро-Винклера используется расстояние Джаро-Винклера D_w между двумя словами, которое находится по формуле:

$$D_j = \left(\frac{m}{a} + \frac{m}{b} + \frac{m-t}{m}\right) * \frac{1}{3}, D_w = \begin{cases} D_j, & \text{если } D_j < 0{,}7, \\ D_j + \left(0{,}1 * l\left(1 - D_j\right)\right), & D_j \geq 0{,}7, \end{cases}$$

где D_j – расстояние Джаро, a – длина первого слова, b – длина второго слова, m – количество подходящих знаков, t – количество перестановок, D_w – расстояние Джаро-Винклера, l – количество первых совпадающих символов в обоих словах. Количество перестановок – это количество подходящих символов, находящихся в неправильном порядке, деленное на два.

Подходящими знаками слов считаются знаки, если они равны и находятся друг от друга не далее, чем

$$\left[\frac{\max(a,b)}{2}\right] - 1.$$

Аналогично алгоритму на основе метрики Дамерау-Левенштейна строится матрица, хранящая в себе расстояния Джаро-Винклера. Два слова совпадают полностью, если расстояние Джаро-Винклера для них равно единице.

Схожесть S двух строк в алгоритмах на основе метрик Дамерау-Левенштейна и Джаро-Винклера высчитывается как

$$S = \frac{4n+m}{2k},$$

где n - суммарное количество букв в совпавших словах, m - суммарное количество букв в частично совпавших словах, k - суммарное количество букв в словах обеих строк.

На рис. 1 приведена тестовая форма поиска сходных записей на основе метрики Дамерау-Левенштейна. Анализ результатов работы вышеописанных алгоритмов показал хорошее совпадение его результатов с результатами проверки записей об опубликованных научных работах пользователем соответствующего АРМ.

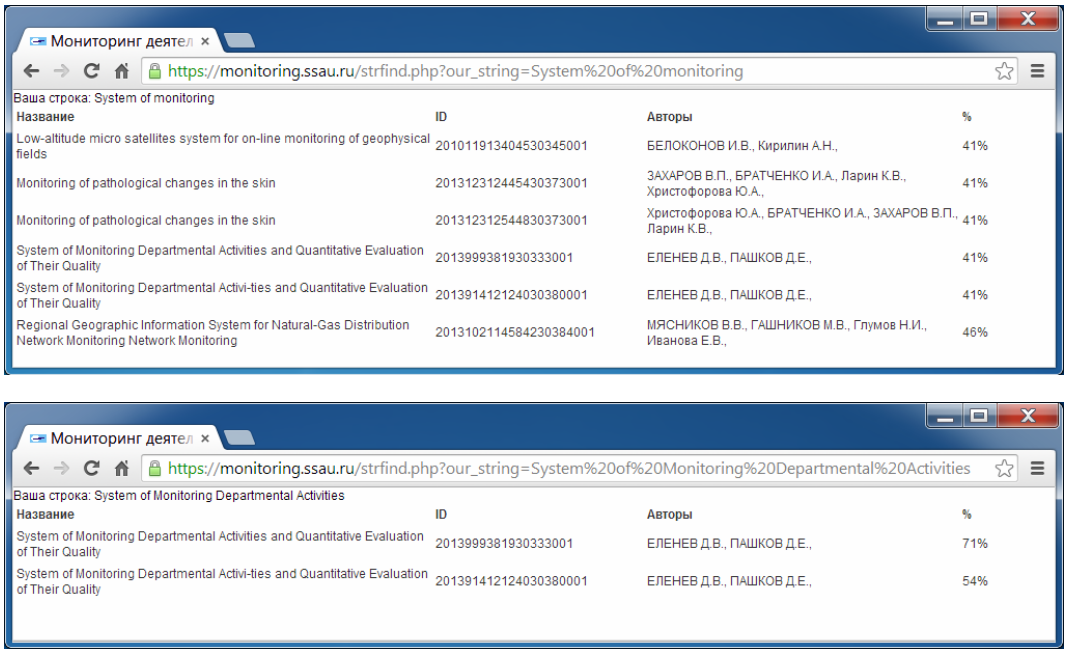


Рис. 1. Результаты поиска сходных записей

Необходимо отметить, что, если в сравниваемых строках присутствуют частично совпадающие слова, то алгоритмы на основе метрик Дамерау-Левенштейна и Джаро-Винклера на реальных примерах зачастую показывают низкую степень схожести при высокой смысловой. Например, при сравнении строк «Определение длины световой волны» и «Определения длин световых волн» оба алгоритма возвращают схожести всего 50%, потому что все слова в этих двух строках совпадают лишь частично. Для дальнейшего повышения эффективности поиска сходных записей возможно проведение дополнительной канонизации сравниваемых строк (преобразование символов в сходные по звучанию, удаление предлогов) с последующим применением алгоритмы Metaphone.

Литература

1. Еленев Д.В., Кузьмичев В.С., Пашков Д.Е. Автоматизация системы управления национальным исследовательским университетом и мониторинга его деятельности // Программные продукты и системы. - 2012. - № 3. - С. 31-34.

2. Информационная инфраструктура инновационного вуза. Опыт СГАУ: монография / [А.В.Баскаков и др.] – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2013. – 124 с.

3. Еленев Д.В., Ризванова Л.Н. Автоматизация поиска подобных записей в базе данных опубликованных научных работ // Международный научно-технический форум, посвященный 100-летию ОАО «Кузнецов» и 70-летию СГАУ, Самара, 5-7 сентября 2012 года: сборник трудов в 3-х томах. Том 3. Всероссийская молодежная научно-техническая конференция «Космос-2012». –

Самара: Издательство Самарского государственного аэрокосмического университета, 2012. - С. 169-171.

А.В. Иващенко, И.А. Сюсин

АНАЛИЗ РИТМИЧНОСТИ НАЗНАЧЕНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ПОСРЕДНИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В СФЕРЕ УСЛУГ

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

Организация виртуального посреднического оператора для управления взаимодействием поставщиков и потребителей различных услуг в едином информационном пространстве позволяет задать правила такого взаимодействия, не лишая при этом отдельных его участников самостоятельности в принятии решений. В этой ситуации поставщики и потребители услуг образуют виртуальное сообщество, обладающее свойствами самоорганизации [1], которое представляет собой интересный объект для исследования. Управление посреднической деятельностью в таком сообществе может быть автоматизировано с использованием современных подходов по ин-формационному управлению в интегрированной информационной среде [2, 3].

Поставщики и потребители услуг в процессе достижения своих целей постоянно выстраивают новые отношения и вступают в информационное взаимодействие. В частности, некоторые из них могут выступать в качестве посредников, получая определенную выгоду от выстраивания отношений между членами виртуального сообщества путем передачи соответствующей информации. Однако обратной стороной свободы действий участников взаимодействия является высокая степень неопределенности их действий – трудно предсказать, когда поток заявок на получение услуги будет выше или ниже среднего прогнозируемого значения.

Такой характер процесса получения заказов является причиной определенных трудностей по автоматизации процессов работы поставщика услуг, планирования его деятельности (особенно долгосрочного), выстраивание отношений с другими поставщиками. Возникает необходимость вносить постоянные изменения в планы, а одновременное проведение нескольких изменений вызывает сложность в синхронизации и необходимость борьбы с тупиковыми ситуациями [4].

Для решения этих проблем, а также с целью повышения эффективности использования оптимизационных алгоритмов планирования, предлагается в состав автоматизированной системы реализации виртуального посреднического оператора включить модуль по предварительной обработке входных очередей событий на каждом этапе планирования заказов на получение услуг. Это позволит синхронизировать деятельность различных поставщиков и обеспечить их согласованное взаимодействия в условиях неравномерной динамики внешних событий.

В данной статье предлагается идея и модель применения метода ритмичного назначения для повышения эффективности виртуального посреднического оператора, функционирующего в едином информационном пространстве сферы услуг.

Пусть услуга d_i, $i = 1..N_d$ может быть представлена в виде набора сервисов из множества $\{s_j\}$, $j = 1..N_s$, которые структурно задают комплекс требований по ее выполнению. Обозначим запрос на услугу d_i с помощью булевой переменной:

$$q_i = q_i(d_i, t_i) \in \{0,1\}, \tag{1}$$

где t_i – время подачи заявки на оказание услуги d_i.

Сформулируем критерии следующим образом.

Во-первых, необходимо обеспечить минимальную стоимость оказания услуги для потребителя:

$$C(d_i) = \sum_{i=1}^{N_d}\sum_{j=1}^{N_s}\sum_{k=1}^{N_g} q_i(d_i, t_i) \cdot v_{i,j,k} \cdot c_{i,j,k} \to \min \tag{2}$$

Во-вторых, следует обеспечить наибольшую оперативность услуги:

$$T(d_i) = \sum_{i=1}^{N_d}\sum_{j=1}^{N_s}\sum_{k=1}^{N_g} q_i(d_i, t_i) \cdot v_{i,j,k} \cdot (t^*_{i,j,k} - t_i) \to \min \tag{3}$$

В-третьих, посреднический оператор должен обеспечивать высокий доход каждого поставщика услуги:

$$\forall g_k : \sum_{j=1}^{N_s}\sum_{k=1}^{N_g} v_{i,j,k} \cdot c_{i,j,k} \to \max . \tag{4}$$

где $v_{i,j,k}$ - возможность предоставления сервиса с использованием соответствующего ресурса (провайдера услуги) g_k, $k = 1..N_g$:

$v_{i,j,k} = v_{i,j,k}(q'_{i,j}, g_k, c_{i,j,k}, t''_{i,j,k}) \in \{0,1\}$,

$q'_{i,j} = q'_j(q_i, s_j, t'_{i,j}) \in \{0,1\}$ - запрос на предоставление сервиса s_j в рамках оказания услуги q_i в момент времени $t'_{i,j}$

$c_{i,j,k}$ – стоимость привлечения ресурсов для обеспечения сервиса,

$t''_{i,j,k}$ – время окончания оказания сервиса.

Решением данной задачи будет набор ненулевых значений булевых переменных:

$$\mu(d_i) = \{v_{i,j,k}(q'_{i,j}, g_k, c_{i,j,k}, t''_{i,j,k}) = 1\}, \tag{5}$$

который назовем маршрутом услуги d_i.

Все возможные способы предоставления услуги d_i можно представить в виде сети услуг – графа, вершинами которого будут состояния $v_{i,j,k}$, а ребрами – переходы между ними. Для каждой услуги d_i при появлении соответствующего набора заявок q_i с помощью предлагаемого графа можно будет определить маршрут услуги, описывающий последовательность сервисов, выполняемых с

привлечением набора ресурсов. Таким образом, предлагается применить сетевой алгоритм поиска маршрутов услуги, основанный на операциях с графом.

Сетевой алгоритм имеет как достоинства (нахождение глобального оптимума, детерминированность), так и недостатки (сложность подготовки начальных данных, необходимость вновь пересчитывать все варианты при изменении структуры сети). В связи с этим предлагается дополнительно к сетевому использовать мультиагентный алгоритм, распространенный в современных информационных технологиях интеллектуального управления ресурсами [1]. Особенностью предлагаемого алгоритма является то, что поиск вариантов улучшения решения производится квазипараллельно сразу для всех реализуемых услуг вне зависимости от времени поступления заявки. Мультиагентный алгоритм предлагается применять для дополнительного, локального улучшения результата поиска оптимальных маршрутов услуги в случае изменения условий поиска (например, появление новых поставщиков или потребителей услуг).

Недостатком предложенных алгоритмов является их относительная независимость от времени поступления заявки на услугу. Между тем, обеспечение своевременности оказания услуги является одним из ключевых показателей уровня сервиса, что может быть в ряде случаев более востребовано, чем итоговая стоимость услуги.

В случае переменной плотности потока заявок приоритезация по времени поступления может привести к накоплению задержек и существенному снижению интегрального показателя (3). В данном контексте наибольший интерес представляет резкое, но непродолжительное возрастание количества заявок на определенную услугу. Действительно, в случае постепенного подъема или падения сеть услуг будет иметь достаточно времени для адаптации путем привлечения новых ресурсов и увеличения количества состояний. В случае резкого, но продолжительного увеличения количества заявок для обеспечения (2) и (3) будет неизбежно появление некоторого числа отказов. Однако при непродолжительной пиковой нагрузке можно их избежать путем перераспределения (перепланирования) маршрутов в соответствии с существующими возможностями сети услуг.

Преобразуем (3) следующим образом:

$$\rho^*\left(n\cdot\Delta\tau\right)=\sum_{i=1}^{N_d}\sum_{j=1}^{N_s}\sum_{k=1}^{N_g}q^*\left(d_i,t^*_{i,j,k}\right)\cdot\theta\left(n\cdot\Delta\tau-t^*_{i,j,k}\right)\cdot\theta\left(t^*_{i,j,k}-(n-1)\cdot\Delta\tau\right)=const\,, \qquad (6)$$

где $q^*\left(d_i,t_i^*\right)\in\{0,1\}$ - событие завершение оказания услуги d_i в момент времени t_i^*, $\Delta\tau$ – интервал принудительной дискретизации, определяемый возможностями ресурсов,

$\theta(x)$ – ступенчатая функция Хэвисайда: $\theta(x)=\begin{cases}0, x<0\\ 1, x\geq 0\end{cases}$.

Данное выражение описывает требование ритмичности оказания услуг, что соответствует современным требованиям по нормированию этой деятельности в существующих регламентах.

Нарушение ритмичности поступления заявок можно описать следующим образом:

$$\rho(n\cdot\Delta\tau)=\sum_{i=1}^{N_d}\sum_{j=1}^{N_s}\sum_{k=1}^{N_g}q(d_i,t_i)\cdot\theta(n\cdot\Delta\tau-t_i)\cdot \cdot\theta(t_i-(n-1)\cdot\Delta\tau)\neq const, \quad (7)$$

Учесть ритмичность назначения в предлагаемом мультиагентном алгоритме можно следующим образом. При определении следующего состояния для включения в маршрут $\mu(d_i)$ $v_{i,j,k}$ производится оценка загрузки соответствующего ресурса:

$$\rho_k(n\cdot\Delta\tau)=\sum_{i=1}^{N_d}\sum_{j=1}^{N_s}e''_{i,j}(v_{i,j,k},t''_{i,j,k})\cdot\theta(k\cdot\Delta\tau-t''_{i,j,k}), \quad (8)$$

где $e''_{i,j}(v_{i,j,k},t''_{i,j,k})$ – событие завершения оказания сервиса s_j в рамках возможности $v_{i,j,k}$.

При увеличении показателя (8) соответствующие этому ресурсу состояния получают штрафные баллы, в результате чего теряют привлекательность для новых агентов. Таким образом, можно контролировать загруженность задействованных ресурсов.

Реализация сетевого и мультиагентного алгоритмов определения маршрутов оказания услуг с учетом обеспечения ритмичности назначения позволяет обеспечить практическую полезность виртуального посреднического оператора. Использование данного подхода на практике может стать весьма привлекательным инструментом для поставщиков и потребителей определенного спектра услуг, взаимодействующих в едином информационном пространстве, и реализовать потенциал информационно-коммуникационных технологий для повышения уровня сервиса.

Литература

1. Городецкий В.И. Самоорганизация и многоагентные системы. I. Модели многоагентной самоорганизации. Известия РАН. Теория и системы управления, 2012, № 2. – с. 92 – 120

2. Иващенко А.В., Пейсахович Д.Г. Управление интерактивной диспетчеризацией ресурсов посреднического транспортного оператора // Системы управления и информационные технологии, №1.1 (55), 2014. - с. 151-155

3. Иващенко А.В. Метод кондициального управления взаимодействием в мультиагентной среде // Системы управления и информационные технологии, 2013. – № 1. – с. 39 – 43

4. Иващенко А.В., Сюсин И.А. Обеспечение ритмичности назначения в интеллектуальных системах управления логистическим центром. тр. Междунар. симп. «Надежность и качество - 2013», Пенза, 27 мая – 3 июня 2013 г.. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2013. – 2 т. – с. 304 – 305

А.М. Леднев

РАСПРЕДЕЛЕННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМИ РЕСУРСАМИ ХОЛДИНГА

(ООО «Хоулмонт»)

Введение

Управление холдинговыми структурами обуславливается необходимостью контролировать и учитывать специфику множества географически распределенных предприятий и компаний для достижения поставленных стратегических целей. Одной из основных составляющих успешного развития холдинга является эффективное управление имеющимися, в том числе финансовыми ресурсами.

В настоящее время существует множество систем, методик и подходов к управлению финансовыми ресурсами холдинга и входящих в его состав организаций для достижения максимального эффекта от их консолидации. Большинство из них основываются на бюджетировании [1], что подразумевает построение наиболее эффективной для конкретного холдинга модели консолидации бюджетов и ее полной или частичной автоматизации для учета и планирования свободных ресурсов.

В данной работе предлагается решить поставленную задачу за счет создания единого финансового пространства холдинга на базе интегрированных информационных сред отдельных структур, входящих в состав холдинга, что позволит оперативно реагировать на изменение текущего состояния финансовых ресурсов и реализовывать появляющиеся/исчезающие возможности по их распределению.

Задачи финансового управления холдингом

Механизмы финансового управления позволяют осуществлять операции над финансовыми ресурсами предприятия для исполнения текущих обязательств и максимизации прибыли.

Денежные средства, находящиеся в свободном обороте, т.е. на расчетных счетах и в кассе обеспечивают возможность оперативного финансового планирования. Задачей финансиста является избегать простоя имеющейся денежной массой, постоянно извлекая из нее максимально возможную прибыль.

Среди операций, которые позволяют осуществить прирост денежных средств, можно выделить покупку активов, акций, ценных бумаг, облигаций, размещение средств на депозитные счета, участие в паевых фондах, выдача займов.

Управление финансовыми ресурсами холдинга осуществляется главное финансовой службой компании, называемой казначейством, среди обязанностей которого:

– Контроль за бюджетом движения денежных средств каждого из предприятий и компании в целом;

– Внутрихолдинговые расчеты между компаниями;
– Интерактивная консолидация данных компаний холдинга;
– Формирование консолидированной отчетности;
– Управление дебиторской задолженностью;
– Управление денежными потоками;
– Анализ финансовых показателей.

Также стоит отметить, что неотъемлемой составляющей финансового управления являются риски, которые необходимо учитывать. Среди рисков, которые могут повлиять на финансовые планы, одними из наиболее существенных являются риски, связанные с производством и реализацией продукции и услуг. Тем не менее, даже казалось бы незначительный риск отклонения транзакции банком может привести к большим финансовым потерям.

Большое количество разнородной информации, появляющихся и исчезающих возможностей по распределению потоков денежных средств, новые производственные потребности делают задачу повышения эффективности финансового менеджмента крайне трудоемкой и актуальной. Предлагается разработать бюджетную модель холдинга для учета возможности использования финансовых ресурсов отдельных компаний. На основе предложенной модели осуществляются внутригрупповые операции.

В качестве основных инструментов экономического и финансового управления холдингам используются многочисленные комплексные системы бюджетирования.

Данные подход широко распространен не только в холдингах, но и более мелких организациях. Однако у данного подхода существуют недостатки. Во-первых, бюджетное планирование крайне статично. Трудности внесения изменений в утвержденный бюджет могут приводить к упущенным возможностям по привлечению дополнительной прибыли. Во-вторых, полученный бюджет зачастую оказывается «неактуальным». Это связано с тем, что существует запоздание в обновлении текущей, в частности производственной информации.

Тем не менее, несмотря на обозначенные недостатки, полностью уйти от классической системы бюджетирования нельзя, но можно повысить эффективность финансового менеджмента в целом за счет построения системы, которая с одной стороны позволит вносить и учитывать оперативные изменения между планами различных подразделений, а с другой стороны обеспечит формирования обратной связи в виде требований к различным службами на основе заданные стратегический и тактических целей.

Данные требования крайне необходимы для реализации новых крупных возможностей, таких как операции по слиянию и поглощению или приобретению новых активов, когда необходимо максимизировать количество денежных средств в свободном обороте.

Тем самым задача повышения эффективности финансового менеджмента холдинга может быть рассмотрена как задача определения необходимых требо-

ваний и условий для достижения заданного уровня финансовых ресурсов в установленное время с учетом заданных ограничений.

Данная задача должна решаться в режиме реального времени, что возможно за счет повышения оперативности инфо-коммуникационного взаимодействия и организации финансового перепланирования на основе актуальных производственных данных.

Структура единого финансового пространства холдинга

Организация эффективного инфокоммуникационного взаимодействия возможно только при наличии соответствующей инфраструктуры, включающей необходимые программные и информационные средства. С точки зрения управления финансами целесообразно рассмотреть возможности построения единого финансового пространства холдинга как надстройку над распространённым механизмом организации единого информационного пространства. Единое финансовое пространство холдинга может быть реализовано используя имеющиеся информационные компоненты информационных сред каждого из предприятий.

Финансовое пространство холдинга включает все имеющиеся финансовые ресурсы предприятия с учетом их ликвидности. Взаимодействие в рамках данного пространства подразумевает осуществление движения денежных средств между предприятиями холдинга для максимизации прибыли.

Ключевым элементом информационного финансового пространства холдинга является финансовый агент. Финансовые агенты могут быть разного вида и представляют интересы финансовых средств, представленных в виде расчетных счетов, депозитов, опционов, активов и предприятия в целом. Задача каждого финансового агента максимизировать количество собственных финансовых ресурсов.

Допустим для предприятия №1 (П1) открывается возможность размещения денежных на депозит средств под высокий процент при условии размещения суммы N. Текущих денежных средств (M), находящихся в обороте П1 для этого недостаточно. В таком случае финансовый агент П1 обращается к финансовому агенту другого предприятия холдинга (П2) для привлечения внутригруппового займа в размере превышающим N-M. С учетом того, что П2 уже имеет текущие планы на использование данных финансовых средств между финансовыми агентами происходят переговоры относительно процентов по займу. В итоге агенты договариваются при условии, что стоимость привлечения средств от П1 для П2 будет меньше прибыли от размещения M, а прибыль от выдачи займа для П2 больше прибыли от использования прочих возможностей.

Другими словами запрос на кредитования внутригруппового займа является «возможностью» для финансового предприятия повысить собственную прибыль.

При этом финансовый агент холдинга (агент казначейства) следить, чтобы сделки проводимые между агентами были стратегически выгодными прежде всего для холдинга, включая будущие возможности компании по консолидации средств для их инвестирования. В связи с этим финансовым агентам необходи-

мо согласовывать сделки с расписанием денежных потоков холдинга, иначе агенту казначейства придется наложить вето.

Основное движение, за исключением переводов на депозит/с депозита можно отследить через переводы в пути. В данном примере по операциям 1.1 и 1.2 происходит продажа валюты, в результате чего пополняется рублевый расчетный счет. В операции 2.1 происходит инкассация также для зачисления на рублевый счет. В итоге собрав достаточно средств, деньги переводятся на депозит (операция 3). В зависимости от проведенных операций видно изменение объемов денежных средств.

Аналогичным образом могут быть рассмотрены все финансовые ресурсы предприятия, не только денежные средства.

Литература

1. Бурцев В.В. Основы коммерческого бюджетирования /В.В. Бурцев // Фин. бизнес. — 2005. — № 4. — С. 36-41.

А. Мишин, С.А. Пиявский

ПОДСИСТЕМА МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА НАУЧНОГО РУКОВОДСТВА В МАТРИЧНОЙ СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

В рамках образовательного процесса С. А. Пиявским предложена новая система организации образовательного процесса в высшей школе – матричная структура образовательного процесса, подробнее с этим ознакомиться можно в следующих материалах [1 – 5].

Основная суть структуры заключается в том, что студенты состоят одновременно в двух коллективах – студенческой группе и в исследовательской группе. Старшие студенты руководят исследованиями младших. Данный подход открывает множество возможностей в образовательном процессе, которые оказывают положительное влияние на многогранное формирование студентов.

Существенный элемент данной системы – пара шеф – подшефный. Задача моей подсистемы следить за деятельностью этой пары и направлять ее работу.

Информационная система, описываемая в настоящей статье, является подсистемой, как следует из названия, используемой в матричной структуре образовательного процесса на факультете ФИСТ.

Цели системы автоматизированной системы мониторинга и оценки качества индивидуального научного руководства исследовательской деятельностью студентов в матричной структуре образовательного процесса является повышение качества и эффективности научного руководства в матричной структуре и, как следствие, повышение уровня и качества самих исследовательских работ студентов. Основным элементом системы является пара «шеф – подшефный».

Основные акторы – студенты, шефы студентов (руководители), методические руководители. Основные функции системы удобно пояснить с помощью диаграммы вариантов использования:

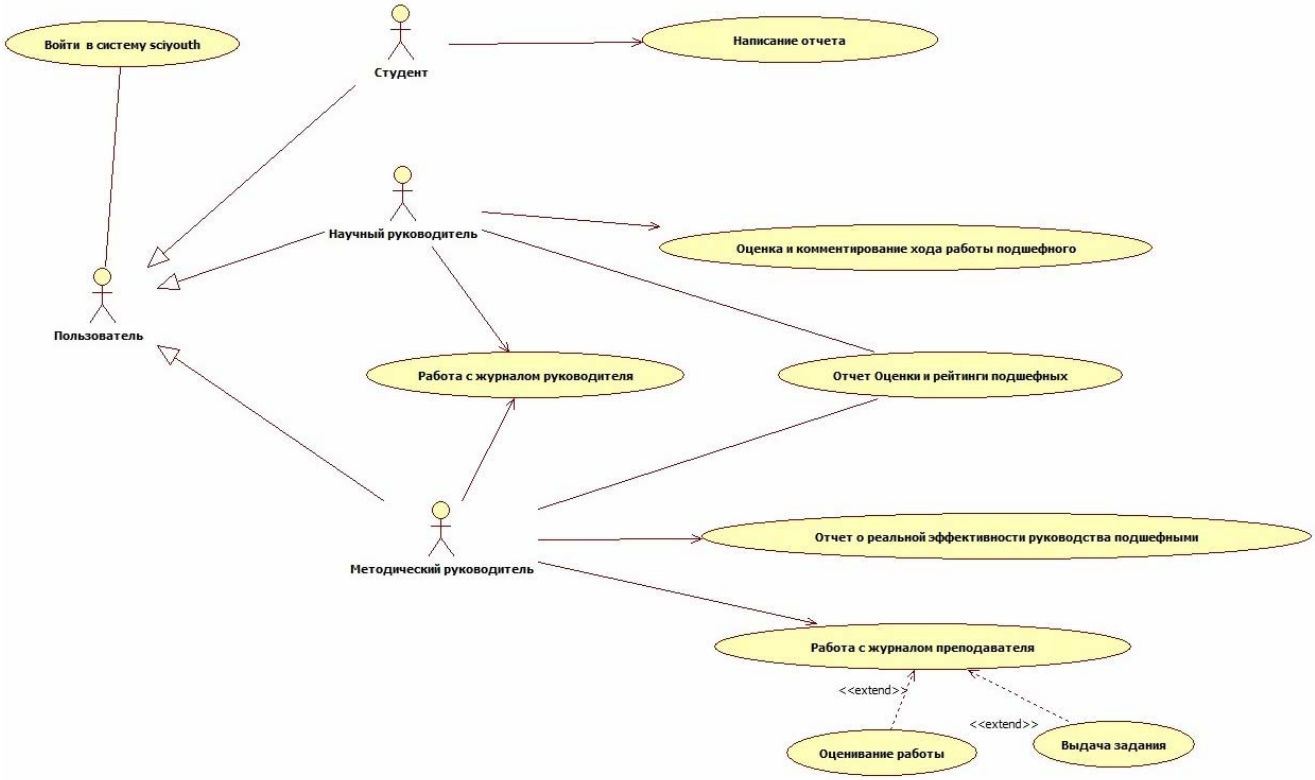


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования системы

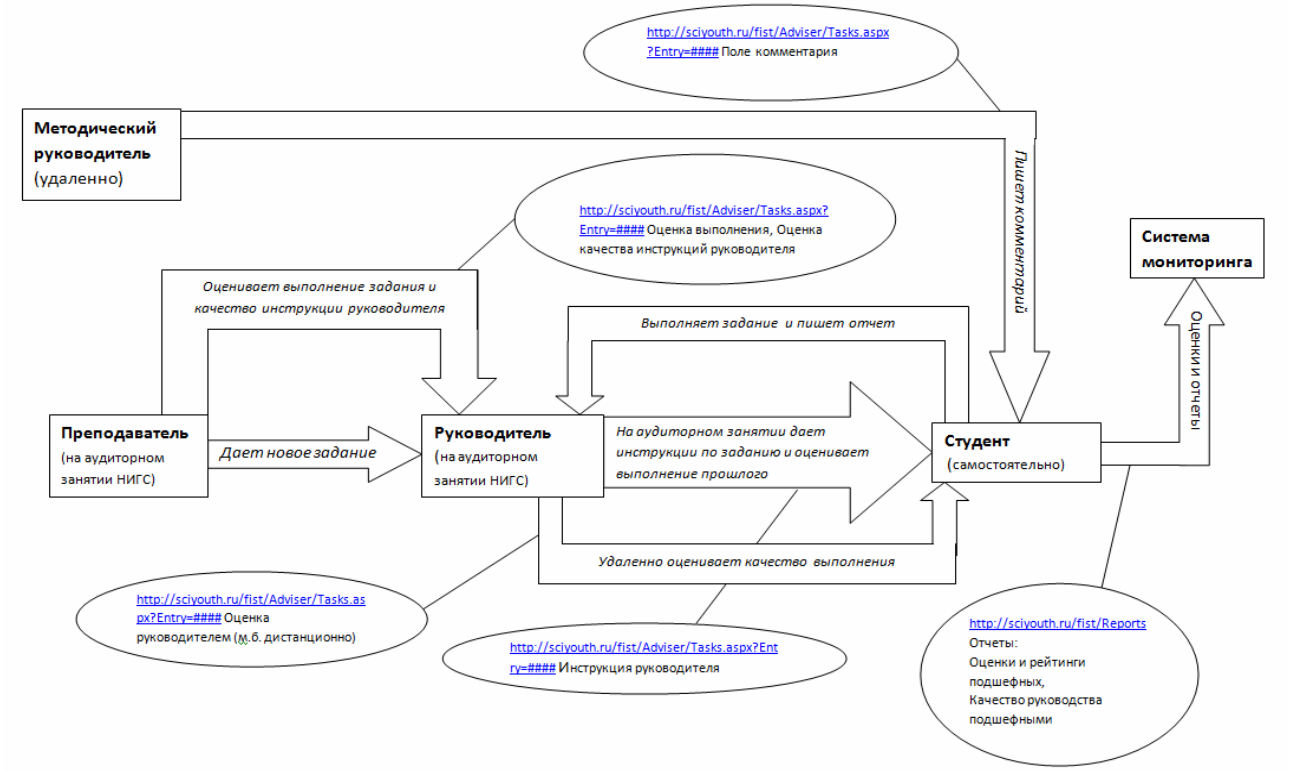


Рис. 2. Схема взаимодействия актантов системы

Для реализации данного функционала потребовалось создать фрагмент базы данных:

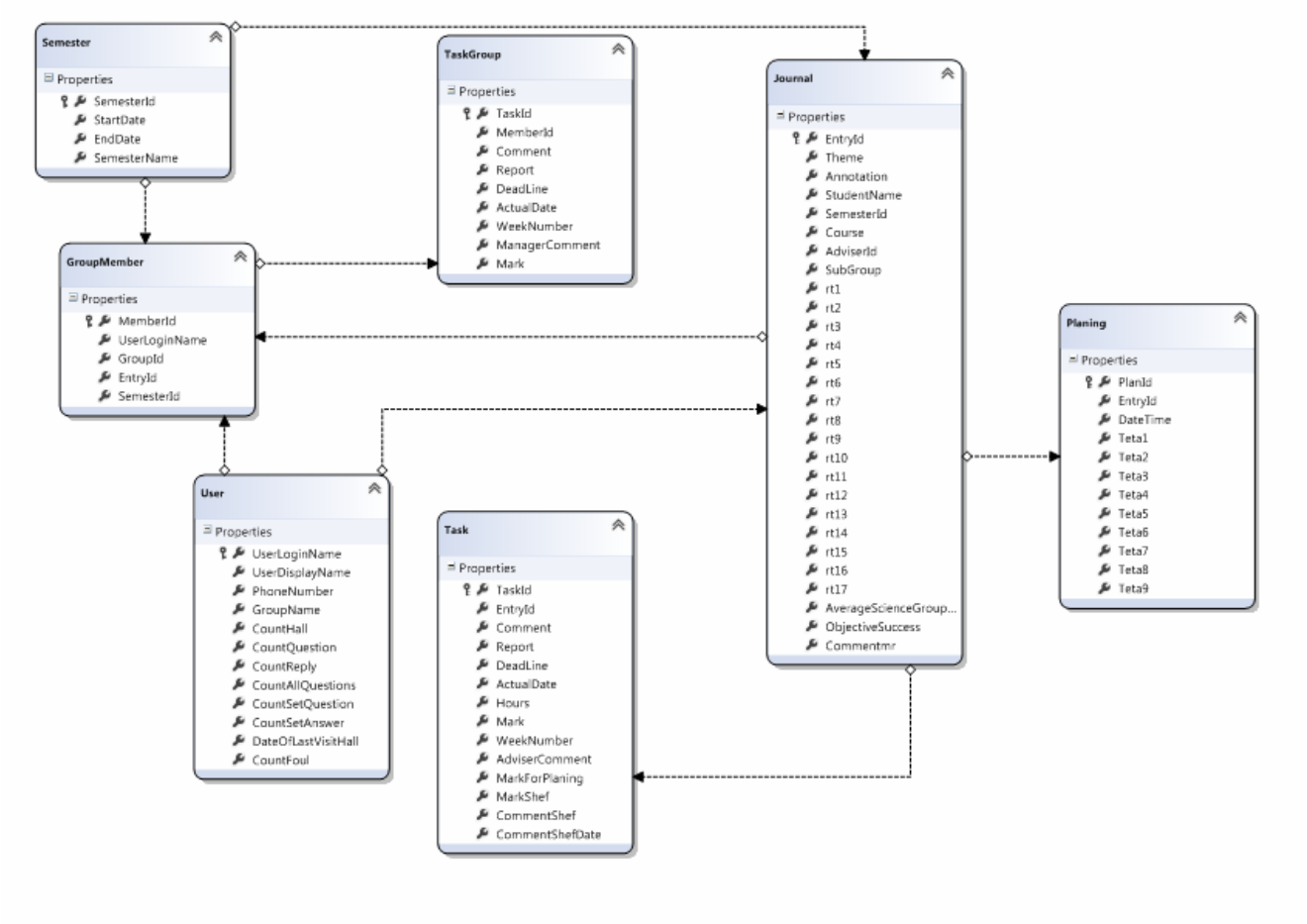


Рис. 3 . Диаграмма базы данных

Подсистема реализована на языке C# с применением технологий ASP .NET.

Литература

1. Пиявский С.А., Савельева Г.П. Деятельность преподавателя при новых формах организации образовательного процесса в инновационном вузе, монография, Самара, СГАСУ, 2013 – 187 с.;

2. Пиявский С.А. Инновационный вуз в инфокоммуникационной среде, «Экономика. Налоги. Право», №5, 2010 – с. 78-82;

3. Пиявский С.А. Исследовательская деятельность студентов в инновационном вузе:учебник; СГАСУ. – Самара, 2011 – 198 с.;

4. Елунин М.Н., Пиявский С.А. Управление студенческим научным микроколлективом в матричной структуре. «Высшее образование в России» №11 2013. – С. 148 – 152;

5. Пиявский С.А., Елунин М.Н. Информационная система организации, мониторинга и управления коллективной научной деятельностью студентов в вузе, Программные продукты и системы

О.Ю. Никифоров

ПРОБЛЕМЫ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ*

(Вологодский государственный педагогический университет)

Современный человек привык к адаптированным технологиям, которые обеспечивают его потребности. Техносреда, в которой он уже практически растворился, становится самостоятельной саморегулирующейся системой, со своими законами, принципами, ценностями. Глобальные сети выступают одновременно в роли скелета, кровеносной и нервной системы техносреды, поэтому исследование адаптационных интерфейсов «глобальной паутины» является одним из ключевых вопросов современной философии техники.

Определяющей технологией, заложенной в основу взаимодействия пользователя и сети Интернет, является гипермедиа. За последние годы гипермедиа успешно трансформировалась в адаптивную гипермедиа, которая значительно увеличивает свою функциональность за счет индивидуализации. Адаптивные гипермедиа системы генерируют модель целей, предпочтений и знаний конкретного пользователя и используют это в процессе взаимодействия с пользователем для адаптации к его потребностям [1].

Системы адаптивной гипермедиа уже сегодня активно применяются в тех прикладных областях, где пространство пользователей характеризуется существенным многообразием целей и значительной неоднородностью знаний. Ярким примером такой области является сетевое обучение.

Пользователи адаптивных сетевых обучающих систем с различными целевыми векторами и уровнями знаний заинтересованы в получении различной информации, которая предоставляется им на гипермедиа-страницах. Для решения этой проблемы адаптивная гипермедиа использует модель пользователя, которая постоянно уточняется и детализируется при взаимодействии человека с обучающей системой. Учитывая элементы индивидуальной модели студента и учебный контент, технологии адаптивной гипермедиа динамически выбирают наиболее релевантный учебный материал из базы знаний и представляют его в нужное время и в нужном виде для каждого отдельного студента, таким образом, обеспечивая наилучшее использование каждого фрагмента учебного материала [2].

Система адаптивной гипермедиа должна удовлетворять трем критериям:

1. Быть гипертекстовой или гипермедийной.
2. Иметь индивидуальную модель пользователя.

* Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации, проект № МК-1739.2014.6 "Человек в технической среде: конвергентные технологии, глобальные сети, Интернет вещей"

3. Выглядеть по-разному для пользователей с различными моделями (т.е. применять эту модель для адаптации различных визуальных и содержательных аспектов системы).

Индивидуальная модель пользователя строится и уточняется в процессе взаимодействия с системой. Для систем сетевого обучения важнейшим элементом является индивидуальная модель знаний студента. Наиболее эффективным инструментом генерации этой модели являются системы/модули компьютерного тестирования.

Построение интеллектуальных обучающих систем – это большой шаг в направлении развития и накопления электронного педагогического контента, который сегодня состоит из гипертекстовых, электронных материалов и тестов. Основные требования к новым обучающим системам включают в себя: интеллектуальность, масштабируемость, открытость, гибкость и адаптивность на всех этапах организации процесса обучения.

Традиционное тестирование, которое реализуется с помощью стандартизированных тестов, постепенно утрачивает свою актуальность . Оно развивается и эволюционирует в современные, более эффективные интеллектуальные формы адаптивного тестирования. Интеллектуальные формы диагностики знаний базируются на отличных от традиционных теоретико-методологических основах и иных технологиях построения и воспроизведения тестов. В модель системы должны быть включены модули, которые реализуют адаптивные алгоритмы.

Ключевое достоинство адаптивного тестирования перед традиционной формой – это его очевидная эффективность. Адаптивный тест позволяет диагностировать уровень знаний испытуемого с помощью значительно меньшего количества вопросов. При взаимодействии с одним и тем же адаптивным тестом испытуемые с высоким уровнем подготовки и испытуемые с низким уровнем подготовки будут решать совершенно разные подмножества заданий. Первый испытуемый увидит значительно большее количество вопросов с высоким коэффициентом сложности, а второй с низким. Процент правильных ответов у испытуемых может совпадать, но количество баллов будет существенно различаться.

Адаптивное тестирование позволяет более точно строить модель знаний (сформированных компетенций) испытуемых. Система компьютерного тестирования адаптируется под уровень пользователя прямо в процессе тестирования. Благодаря гибким адаптационным механизмам система может определить, какой именно вопрос и с каким коэффициентом сложности предъявить испытуемому в каждый конкретный момент времени [3]. Например, испытуемый начинает решать диагностический набор и ему предъявляется задание с коэффициентом сложности b, решение которого проверяет знания в рамках некоторой мелкой дидактической единицы S. Если испытуемый решает предъявленное ему задание правильно, то аналитическое ядро системы выбирает следующее задание в рамках той же единицы S, но уже с более высоким коэффициентом сложности и т.д. Если испытуемый отвечает неверно на инициализацион-

ный вопрос дидактического элемента, то ему предъявляется задание с более низким коэффициентом сложности и т.д. Граничные значения коэффициентов сложности описываются в используемой при диагностике модели.

Компьютерная интеллектуальная адаптивная система тестирования должная обладать следующим набором характеристик:

- Открытость и расширяемость.
- Нелинейность воспроизведения диагностического контента.
- Известная трудность.
- Универсальность диагностической модели.
- Достоверность и точность результатов адаптивного тестирования.

Литература

1. Brusilovsky, P., Methods and techniques of adaptive hypermedia. User Modeling and User-Adapted Interaction, 6 (2-3), pp. 87-129

2. Brusilovsky, P., Adaptive and Intelligent Technologies for Web-based Education. In C. Rollinger and C. Peylo (eds.), Special Issue on Intelligent Systems and Teleteaching, Konstliche Intelligenz, 4, pp. 19-25

3. Никифоров О.Ю. Использование адаптивных систем компьютерного тестирования // Гуманитарные научные исследования. 2014. № 4

А.О. Новиков

РАСПОЗНАВАНИЕ НОТ В АУДИОФАЙЛЕ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

На данный момент существуют программы для распознавания названия музыки по ее записи, причем допускается, что на этой записи помимо самой музыки присутствуют посторонние звуки, да и качество самой записи может быть относительно невысоким. Например, *Shazam* – одна из таких программ. Она составляет отпечаток записи и по определенному алгоритму сравнивает с огромной внутренней базой имеющихся отпечатков на сходство, а затем выдает название песни. Это очень удобный инструмент. Но программ, которые бы распознавали именно ноты (возможно зажатых одновременно более одной), играемых инструментов, сейчас не существует (по крайней мере, в публичном доступе). Попытка разработки такой программы и является целью данного доклада, ограничившись, для начала, нотами фортепиано, что облегчает задачу отсутствием сложных артикуляций и определения типов инструментов.

Аудиосигнал – по сути, функция зависимости амплитуды от времени. В цифровом виде аудиосигнал дискретный, то есть в файле хранится последовательность значений амплитуды (отсчеты), взятые от непрерывного сигнала через равные промежутки времени. Частота дискретизации – количество таких отсчетов за одну секунду.

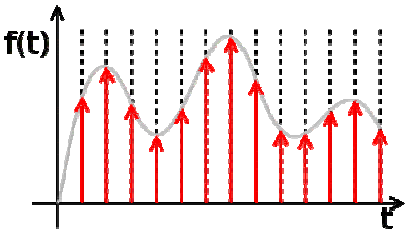


Рис. 1. Дискретизация сигнала

Такое представление сигнала позволяет увидеть основные события в звуке, такие как изменения в громкости или паузы, но обычно, если говорить об отдельных нотах, оно мало полезно, так как аудиосигнал обычно состоит из большой суммы разных синусоид. Поэтому по аудиосигналу составляется спектрограмма – зависимость амплитуды каждой составляющей сигнала от времени.

Составляться спектрограмма может по-разному. Например, используя преобразование Фурье. Это математический аппарат для разложения сигнала на синусоидальные колебания. Поскольку музыка не является статичным сигналом, ее спектр меняется во времени. Поэтому при спектральном анализе берется последовательность коротких фрагментов музыки, на которых сигнал может считаться практически статичным. Для анализа таких фрагментов цифрового аудиосигнала существует дискретное преобразование Фурье.

$$x(n) = \sum_{k=0}^{N/2} X_k \cos \frac{2\pi k(n+\varphi_k)}{N}$$

X_k – амплитуда синусоидального колебания;

$\frac{kF}{N}$ – частота синусоиды, где F – частота дискретизации;

N – число отсчетов исходного сигнала на анализируемом интервале.

Как видно из формулы, частоты синусоид, на которые раскладывается сигнал, равномерно распределены от 0 (постоянная составляющая) до F/2 – максимально возможной частоты в цифровом сигнале. На практике применяют FFT (fast Fourier transform) – алгоритм быстрого вычисления дискретного преобразования Фурье. Стоит отметить, что FFT раскладывает сигнал не по тем частотам, которые на самом деле присутствуют в сигнале, а по фиксированной равномерной сетке частот. Например, если частота дискретизации равна 48 кГц и размер интервала FFT выбран 4096 отсчётов, то FFT раскладывает сигнал по 2049 частотам: 0 Гц, 11.72 Гц, 23.44 Гц, ..., 24000 Гц. Если частота тона совпадает с одной из частот сетки FFT, то спектр будет выглядеть "идеально": единственный острый пик укажет на частоту и амплитуду тона. Если же частота тона не совпадает ни с одной из частот сетки FFT, то он "соберёт" тон из имеющихся в сетке частот, скомбинированных с различными весами. График спектра при этом размывается по частоте. Такое размытие очевидно нежелательно.

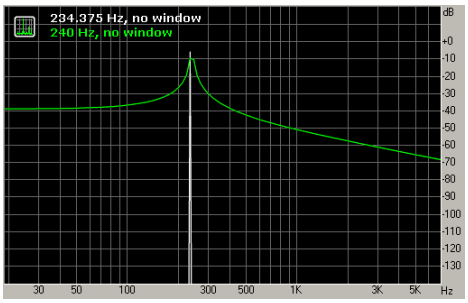


Рис. 2. Сравнение спектров при совпадении
и несовпадении реальной частоты с сеткой частот FFT

Для уменьшения размытия спектра, сигнал перед вычислением FFT умножается на весовые окна – гладкие функции, спадающие к краям интервала.
Несомненно, это одна из помех в распознавании нот. Другой из них являются гармоники – частотные составляющие, имеющие частоту в 2, 3,… раза большую, чем основной тон. Они присутствуют в звучании ноты практически любого инструмента и амплитуда их не всегда ниже амплитуды основного тона.

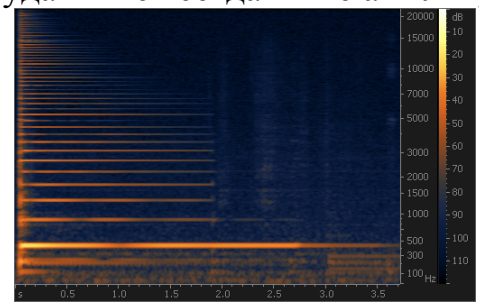


Рис. 3. Спектрограмма гитарной ноты А4 (440 Гц)

Еще одной проблемой распознавания является наложение гармоник нескольких нот, звучащих одновременно, друг на друга, что также затрудняет понять где находятся основные тона, а значит, определить играемые ноты.
Для облегчения задачи при разработке алгоритма считалось, что основной тон всегда громче своих гармоник, что экспериментально оказалось верно, почти для всех нот фортепиано выше первой октавы.

Работа алгоритма заключается в следующем. По всему сигналу берется последовательность окон (спектров). Для данной мелодии устанавливается порог, который выбирается экспериментально. Частоты ниже этого порога удаляются, отсеивая, таким образом, лишние гармоники и некоторые шумы. Если на спектре есть составляющая, амплитуда которой выше этого порога, то эта составляющая принимается за основной тон, а нота, соответствующая данной частоте считается нажатой, а все ее гармоники исключаются из дальнейшей проверки. Если же какая-либо из гармоник этой ноты громче основного тона (а по условию, все они тише), значит, имеет место наложения гармоник данной ноты на частоты другой, и потому рекурсивно вызывается проверка этой гармоники (которая оказалась громче основного тона). Гармоника проверяется точно так же, как если бы проверялась любая другая нота, у которой тоже, в свою очередь, могут быть свои гармоники. После завершения этой рекурсивной проверки алгоритм продолжает свою итеративную работу. Важно отметить, что

работа алгоритма начинается по возрастанию частот, поскольку, как уже было отмечено, при успешной проверке, гармоники зажатых нот исключаются из проверки и в дальнейшем не будут приняты по ошибке за основные тона. Детектированная нота считается отпущенной, когда в последующие моменты времени ее амплитуда совершит значительный резкий скачок, либо станет приблизительно равной нулю.

Здесь стоит также отметить еще одну трудность распознавания. Так как частоты нот низких октав находятся очень близко друг к другу, например, с разницей в 5 Гц (ноты D#2(77Гц) и D2(73Гц)), а шаг частотной сетки FFT равен, например, 11.72 Гц (как из примера выше) то амплитуды этих составляющих сольются в одну и будут иметь место некоторые погрешности.

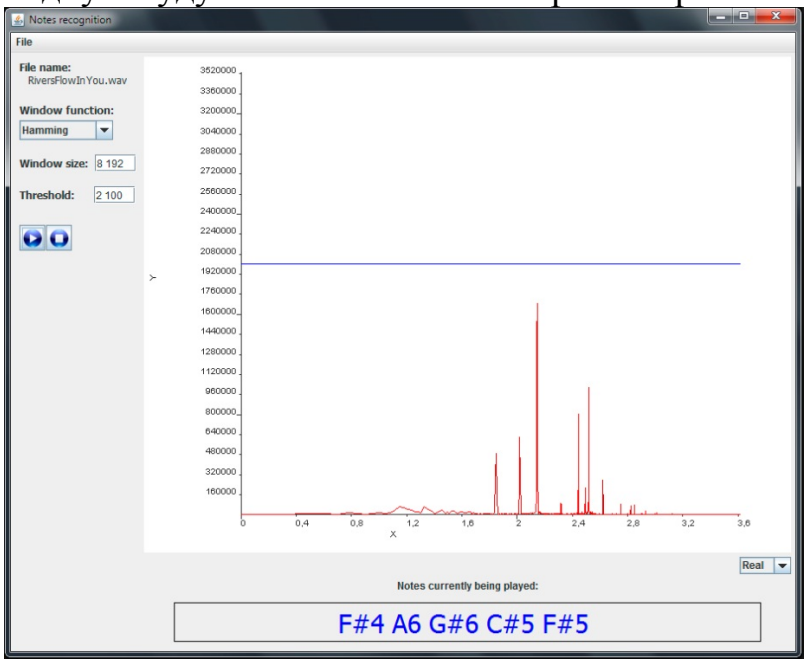


Рис. 4. Интерфейс программы

Выводы

Разработанному алгоритму с некоторой точность удается распознавать ноты фортепиано выше первой октавы. Требуется доработка для распознавания нот всех октав, что возможно будет включать в себя применение нейронных сетей, а также применение более точных алгоритмов взятия спектра сигнала для поставленной задачи.

Литература

1. Сайт ProSound [Электронный ресурс]: статьи. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://prosound.ixbt.com/ – Загл. с экрана. – Яз. рус.

2. Википедия [Электронный ресурс]: статьи. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/ – Загл. с экрана. – Яз. рус.

3. Хабрахабр [Электронный ресурс]: статьи. – Электрон. дан. – Режим доступа: http://habrahabr.ru – Загл. с экрана. – Яз. рус.

С.П. Орлов, Д.С. Савельев

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫХ СООБЩЕНИЙ ГРАЖДАН В МУНИЦИПАЛЬНОМ УПРАВЛЕНИИ

(Самарский государственный технический университет)

Местное самоуправление в Российской Федерации действует уже на протяжении более десятка лет. На протяжении этого времени накоплен обширный опыт в решении множества задач, тем не менее, принятая модель самоуправления не является идеальной. Одной из ключевых проблем функционирования системы исполнительной власти в Российской Федерации является информационная закрытость органов исполнительной власти и органов местного самоуправления, а также отсутствие обратной связи с гражданами и организациями [1]. Приоритетная цель муниципального управления – повышение уровня жизни жителей, развитие инфраструктуры, эффективное использование имеющихся возможностей, но в рамках муниципалитета [2]. Отсутствие доступной и понятной информации об условиях предоставления услуг, длительность сроков принятия решения, несоблюдение требований комфортности оказания услуг, коррупция – это лишь часть тех проблем, с которыми приходится сталкиваться населению при взаимодействии с органами власти.

Таким образом, можно выделить следующий ряд проблем в нынешнем муниципальном управлении:

- неосведомленность населения о возможностях работы с муниципальной властью;
- трудоемкость и большие временные затраты при взаимодействии граждан с органами исполнительной власти;
- невозможность контроля сроков и качества выполнения работ в различных сферах городского хозяйства;
- неразвитость механизмов общественной экспертизы социально значимых решений органов исполнительной власти;
- отсутствие централизованного, стандартизированного хранилища данных об обращениях жителей в органы муниципальной власти.

Решение этих проблем позволит создать для гражданина комфортные условия в работе с органами муниципальной власти, что привлечет граждан к участию в процессах муниципального управления.

Для привлечения граждан к самоуправлению нужно свести к минимуму их трудовые и временные затраты при подаче обращения в органы муниципальной власти. Для систематизации и анализа заявлений, результатов, а также хода и объема работы, выполняемой органами муниципальной власти и муниципальными предприятиями, следует создать информационную систему и хранилище данных, аккумулирующее в себе данные об обращениях граждан, о ходе обработки обращений и ее результатах, а также об ответственных участниках обработки обращения гражданина.

Достижению этого может способствовать использование современных мобильных компьютерных устройств и персональных компьютеров граждан, а также систем автоматизированной обработки обращений. Гражданин, используя планшет или смартфон, за короткое время может отправить обращение в органы муниципальной власти прямо с места обнаружения проблемы. Причем к обращению могут быть добавлены медиафайлы, подробно раскрывающие проблему, а также данные о местонахождении проблемы. Применение компьютерных средств полностью исключает необходимость личного присутствия гражданина в органах муниципальной власти в момент подачи обращения.

Разработка системы автоматизированной обработки обращений позволит не только повысить комфортность подачи обращения в органы муниципальной власти, но и ускорить процесс обработки обращения, а также дать дополнительные возможности органам государственной власти контролировать качество работы на местах.

Обращение после подачи должно поступать в автоматизированную систему обработки обращений, где будет сохранено и передано в ответственные ведомства на дальнейшую обработку. В процессе обработки ответственные ведомства могут изменять статус состояния обращения и, по факту изменения статуса, система рассылает оповещения гражданину. Более того, современные программные средства позволяют моделировать процесс обработки обращения, назначая обработку тому или иному ответственному лицу, организации, роли, в зависимости от этапа процесса обработки. При этом будет в полном объеме сохранена информация об истории обработки обращения: даты назначений, крайние сроки выполнения работ, реальные сроки выполнения работ, решение ответственного лица, его комментарии по поводу решения. Эта информация, в свою очередь, может использоваться органами государственной власти для оценки качества деятельности органов муниципальной власти.

Результат использования информационных технологий в данной области должен оцениваться критериями качества работы муниципального органа власти. Выделим два основных критерия: а) эффективность обработки обращений граждан и б) качество устранения претензий, предъявляемых в обращении.

Эффективность E - это отношение поступивших заявок (обращений) к среднему времени прохождения обращения в процессе обработки:

$$E = \frac{K}{T_{cp}},$$

где K - количество поступивших обращений в определенный период времени, T_{cp} – среднее время прохождения одного обращения по всем этапам процесса обработки в муниципальном органе.

Время прохождения одного обращения определяется как сумма времен t_n^o обработки обращения на каждом конкретном этапе и суммы времен $t_j^{\text{п}}$ перехода обращения с этапа на этап:

$$T_m = \sum_{n=1}^{N} t_n^o + \sum_{j=1}^{J} t_j^{\text{п}} ,$$

где N - количество этапов, J - количество переходов, при этом переходы могут быть циклическими, следовательно, $J \neq N-1$.

В качестве величины, отражающей качество устранения предъявляемых в обращении претензий, примем количество возвращенных на доработку обращений K_∂. В случае идеальной работы органов муниципальной власти количество возвращенных на доработку обращений будет стремиться к нулю:

$$\lim_{K \to \infty} \frac{K_\partial}{K} \to 0 , \quad (4)$$

Таким образом, задаче оптимизации процесса обращений можно сформулировать следующим образом:

1. Повышение эффективности E работы органа муниципальной власти.
2. Снижение количества обращений K_∂, возвращенных на доработку.

Для увеличения эффективности E необходимо снижать время обработки обращения T_m. Использование современных мобильных компьютерных устройств и персональных компьютеров, а также систем автоматизированной обработки обращений повышает комфортность подачи обращения, что ведет к повышению количества обращений, подаваемых гражданами. Для снижения времени T_m предлагается процесс, построенный на анализе взаимодействия органов исполнительной власти г. Москвы по работе с сообщениями граждан. В первую очередь выделим участников процесса и их обязанности (таблица 1).

Таблица 1

Участники процесса обработки обращения и их обязанности

Участник	Обязанности
Заявитель	Граждане, использующие систему обработки электронных сообщений граждан с целью отправки сообщений разного типа
Модератор	Сотрудник, проверяющий обращение гражданина и ответы на корректность, и соответствие правилам подачи обращений и ответов
Распределяющий орган исполнительной власти (РОИВ)	Органы и организации, наделенные полномочиями назначать устранение указанной в обращении проблемы конкретному органу исполнительной власти
Орган исполнительной власти (ОИВ)	Органы и организации, непосредственно ответственные за устранение указанной в обращении проблемы
Утверждающий орган исполнительной власти (УОИВ)	Органы и организации, утверждающие ответы, данные ОИВ
Распределяющий контролирующий орган	Органы и организации, наделенные полномочиями назначать контроль выполненной ОИВ работы конкретному контролирующему

(РКО)	органу
Контролирующий орган (КО)	Органы и организации, контролирующие процесс обработки обращений граждан органами исполнительной власти, и наделенные соответствующими полномочиями.
Утверждающий контролирующий орган (УКО)	Органы и организации, утверждающие ответы, данные КО

В докладе подробно рассмотрен алгоритм обработки обращений в системе электронных сообщений граждан, построенный на базе описанных участников процесса. Введение автоматизированной обработки обращений позволит создать единую рабочую инфраструктуру для всех участников процесса, предоставляя им мгновенный доступ к обращениям.

Таким образом, введение системы электронной обработки обращений граждан позволит создать для гражданина лучшие условия для участия в жизни своей административно-территориальной единицы и увеличит степень доверия к органам муниципальной власти путем постоянного информирования гражданина о ходе обработки обращения.

Литература

1. Концепция административной реформы в Российской Федерации в 2006-2008 годах: одобрена распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 окт. 2005 г. № 1789-р

2. Система муниципального управления: учеб. для вузов / под ред. В. Б. Зотова. - СПб.: Изд. дом “Питер”, 2008. – 512 с.

В.А. Печенин, Н.В. Рузанов, М.А. Болотов

РАЗРАБОТКА АНАЛИТИКО-ЧИСЛЕННОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТЕЙ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СЛОЖНЫХ ПРОФИЛЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Результат любых измерений содержит ошибки (погрешности). Можно выделить следующие источники погрешностей измерения: несовершенство измерительных приборов; отклонение измеряемой детали от ее номинальной формы; погрешности, вызванные оператором; различные внешние факторы (температура, вибрация, чистота измеряемой детали, способ закрепления измеряемой детали); методика выполнения измерения; алгоритмы, используемые

при измерениии др.Современные координатно-измерительные машины (КИМ) имеют сравнительно малую инструментальную погрешность измерений, находящуюся в диапазоне от 1 до 7 мкм, определяемую измеряемыми габаритами. Как показывает практика измерения сложных профилей наКИМ, результирующая погрешность измерений может значительно превышать инструментальную. Важной практической задачей является разработка модели оценки действительной погрешности измерения, позволяющей осуществлять оптимальный выбор параметров выполнения измерения.

Целью работы является разработка унифицированной модели оценки погрешностей координатных измерений сложных профилей в аналитической постановке, позволяющейвоспроизвести процесс измерения на цилиндрическом профиле.

В основе современных средств измерения положено измерения набора дискретных точек поверхности и косвенное сличение измерений с CAD-моделью. То есть сложная форма задается не аналитически, а в виде конечного множества точек. Для реализации вычислительных алгоритмов измерительных задач требуется восстановить функцию или поверхность с дискретного множества точек на непрерывную область ее определения. Стандартами в области аппроксимации множества точек поверхности являются кусочно-непрерывные сплайны NURBS.

Основными приведенными параметрами, однозначно характеризующими погрешность измерения сложной поверхности, являются: кривизна профиля, отклонение расположения и формы профиля от его номинального положения. Отклонение расположения профиля характеризуется его сдвигом и поворотом.

Моделирование отклонения формы может осуществляться с использованием тригонометрических функций. В работе приводится частный случай модели с использованием тригонометрической функции косинуса. Уравнение измеряемого профиля состоит из окружности, радиус задается функцией косинуса с изменяемыми амплитудой и периодом.

В модели воспроизводится измерение фактического профиля, представляющего собой идеальную окружность с центром в начале координат. Щуп движется по нормалям к CAD-модели, представляющую собой окружность с имитируемыми отклонениями формы и расположения. Параметры отклонений и радиус окружности задавались в соответствии с встречающимися отклонениями и кривизной измеренных сложных профиля деталей.

Разработанная модель позволяет вычислить координаты измеренных точек профиля, координаты точек касания измерительного наконечника об окружность, координаты центров измерительного наконечника и точек на окружности, которых должен был коснуться наконечник в условиях движения по нормали к профилю идеальной окружности. Координаты точек определялись путем численного решения систем уравнений измеряемой окружности, окружности с имитируемыми отклонениями формы и расположения, нормалей к CAD-модели и окружности измерительного наконечника.

На втором этапе моделирования определялись расстояния между измеренными точками на окружности измерительного наконечника и точками на профиле, характеризующие погрешность измерения профиля.

Проводилось исследование достоверности разработанной модели путем экспериментальных исследований на координатно-измерительной машине DEA GlobalPerformance 07.10.07 с программным обеспечением PC-DMIS CAD++. В ходе эксперимента проводилось измерение цилиндрического эталона с использованием CAD-модели, профилькоторой использовался при моделировании.

Расхождение экспериментальных и теоретических данных не превысило 2 мкм, что вероятно обусловлено инструментальными погрешностями измерительной машины.

В работе рассмотрена модель определения погрешностей измерения сложных профилей деталей. Основные преимущества разработанной модели перед численным решением состоит в том, что она позволяет оценивать погрешности измерения посредством задания ряда исчерпывающих приведенных параметров (кривизны профиля, отклонений формы и расположения) и является более производительной. Достоверность модели подтверждена экспериментальными данными.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки) на основании Постановления Правительства РФ №218 по договору № 27/13 от 15.02.2013г.

Литература

1. Ли, К. Основы САПР (CAD/CAM/CAE) [Текст]/ К. Ли. – СПб.: Питер, 2004. – 560с.
2. I. Ainsworth, M. Ristic, D. Brujic, CAD-based measurement path planning for freeform shapes using contact probes, International Journal of Advanced Manufacturing Technology 16 (2000) 23–31
3. Rajamohan G. Practical measurement strategies for verification of freeform surfaces using coordinate measuring machines [Text]/ G. Rajamohan, M. S. Shunmugam, G. L. Samuel//Metrology and measurement systems. – 2011. - №2. - Pp. 209-222.

С.А. Пиявский

РАСШИРЕНИЕ ПРИНЦИПА ОПТИМАЛЬНОСТИ ПО ПАРЕТО

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Проблема принятия решений, характеризуемых набором разнокачественных критериев, зачастую вычисляемых в условиях неопределенности, находится в центре внимания науки в течение многих последних десятилетий. Связано это с тем, что с математической точки зрения задача сравнения многокритериальных альтернатив незамкнута. Единственным строгим результатом является принцип оптимальности Парето, утверждающий, что, если альтернатива А ни

по одному из критериев не лучше альтернативы Б, а хотя бы по одному - хуже, то альтернатива А не является эффективной и при поиске «наилучшей» альтернативы может быть отброшена. В строгой формулировке, «наилучший» вариант решения $\bar{y}$ из множества допустимых вариантов Y должен быть Парето-оптимальным, то есть удовлетворять условию (при стремлении минимизировать каждый частный критерий):

$$\neg\exists\, \hat{y} \in Y : (f^j(\hat{y}) \le f^j(\bar{y})\ \ j = 1,...,m) \wedge (\exists j \in \{1,...,m\} : f^j(\hat{y}) < f^j(\bar{y})).$$

Поскольку все Парето-оптимальные варианты с равным основанием могут быть признаны наиболее рациональными, то для того, чтобы остановить выбор на одном из них, необходимо, чтобы лицо, принимающее решение (ЛПР) использовало, в той или иной форме, дополнительную информацию или суждения. Соответственно практически все работы в области принятия решений (см. например обзор в [1]) направлены на создание разнообразных методов «вытягивания» из ЛПР его специфического отношения к понятию оптимальности в решаемой им задаче и формализации этого отношения.

Между тем можно построить имеющие существенное смысловое обоснование отношения между Парето-оптимальными альтернативами и без привлечения в какой-либо форме лица, принимающего решения.

Рассмотрим в некоторой задаче принятия многокритериальных решений множество точек $F = \{f_i^j\}_{\substack{i=1,...,n \\ j=1,...,m}}$, отражающих в m-мерном пространстве значения критериев оптимальности n Парето-оптимальных решений $Y = \{y_i\}_{i=1,...,n}$ (примем для определенности, что значения критериев неотрицательны и желательным является минимальное значение каждого из них). И отступим от традиционного взгляда на проблему. Будем рассматривать множество F не как набор автономных объектов, из которых следует выбрать «наилучший», а как совокупность точек, определяющих **границу эффективности** решений, которые могут быть приняты в некотором предметном пространстве, характеризуемом данным набором критериев (критериальным пространством). Это может быть пространство характеристик автомобилей, ракет, невест и т.п., в которых заинтересован ЛПР. Граница эффективности разделяет все критериальное пространство на два подпространства: точки одного из них эффективны по Парето, другого – неэффективны. При добавлении новой Парето-оптимальной точки эта граница как бы продвигается в сторону бОльшей эффективности решений. Это дает основания оценивать каждую Парето-оптимальную точку с позиций того, насколько далеко она продвигает границу эффективности. Назовем количественную характеристику этого продвижения **прогрессивностью** соответствующего Парето-оптимального решения (или соответствующей ему Парето-оптимальной точки в критериальном пространстве) относительно совокупности всех остальных Парето-оптимальных решений.

Измерить прогрессивность Парето-оптимального решения можно минимальным отклонением в критериальном пространстве отвечающей ему точки «в

худшую» сторону, при котором эта точка становится неэффективной, т.е перестает влиять на границу эффективности. Тогда прогрессивность решения можно характеризовать m-мерным вектором, каждая компонента которого показывает, на какую величину следует минимально ухудшить (увеличить) значение соответствующего критерия, чтобы решение стало неэффективным.

Назовем Парето-оптимальное решение менее прогрессивным относительно некоторого другого Парето-оптимального решения, если его прогрессивность как вектор доминируется (в смысле Парето) прогрессивностью этого второго решения, которое назовем более прогрессивным. Менее прогрессивное решение как бы менее «выдвинуто в сторону оптимальности» по отношению к другим Парето-оптимальным решениям, чем более прогрессивное. Исходя из того, что все Парето-оптимальные решения, без введения дополнительных установок типа сравнительной значимости критериев, одинаково значимы для ЛПР, у него есть основание предпочесть более прогрессивное решение менее прогрессивному. Это утверждение можно сформулировать как **расширенный принцип Парето-оптимальности: наилучшее решение не может быть менее прогрессивным.**

Использование расширенного принципа Парето-оптимальности позволяет в ряде случаев частично упорядочить по прогрессивности набор Парето-оптимальных решений и тем самым облегчить ЛПР задачу окончательного выбора наиболее рационального из них.

Проиллюстрируем сказанное примером. В таблице и на рисунке 1 показана простейшая задача выбора многокритериального выбора. Как видно из рисунка 1, эффективными по Парето являются лишь объекты 1 – 5. В таблице 2 показан результат расчета прогрессивности объектов из таблицы 1. Например, для объекта 2 $p_2^1(F) = 0{,}3$, так как при увеличении значения первого критерия минимально на эту величину объект перестает быть эффективным (доминируется объектом 5). Аналогично, $p_2^2(F) = 0{,}5$ (достигает максимально допустимого значения критерия 2).

Таблица – Векторы эффективности и прогрессивности

№	Эффективность объектов		Прогрессивность объектов	
	f1	f2	p1(F)	p2(F)
1	0	1	0,1	0
2	0,1	0,5	0,3	0,5
3	0,4	0,4	0,1	0,1
4	0,5	0,1	0,2	0,3
5	0,7	0	0,3	0,1
6	0,8	0,1	-0,1	-0,1
7	1	0,3	-0,5	-0,3
8	0,3	0,6	-0,2	-0,1

Напомним, что чем больше компонента вектора прогрессивности, тем «лучше» объект. Соответственно, из рисунка 2 видно, что наиболее прогрес-

сивным является объект 2. За ним следуют несравнимые между собой объекты 4 и 5, каждый из которых доминирует по прогрессивности все остальные объекты. Полная схема доминирования приведена на рисунке 3. Из него следует, что если объект 2 является альтернативой, ЛПР уверенно должен выбрать именно его. Если же он альтернативой не является, то выбор должен быть осуществлен из альтернатив, расположенных выше других на рисунке 3.

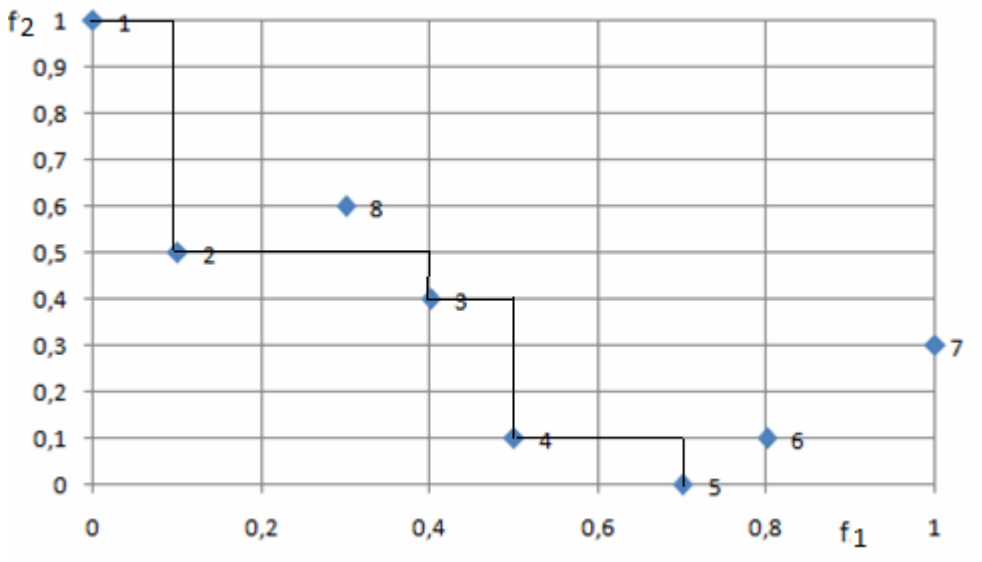


Рис. 1. Векторы эффективности и граница прогрессивности объектов

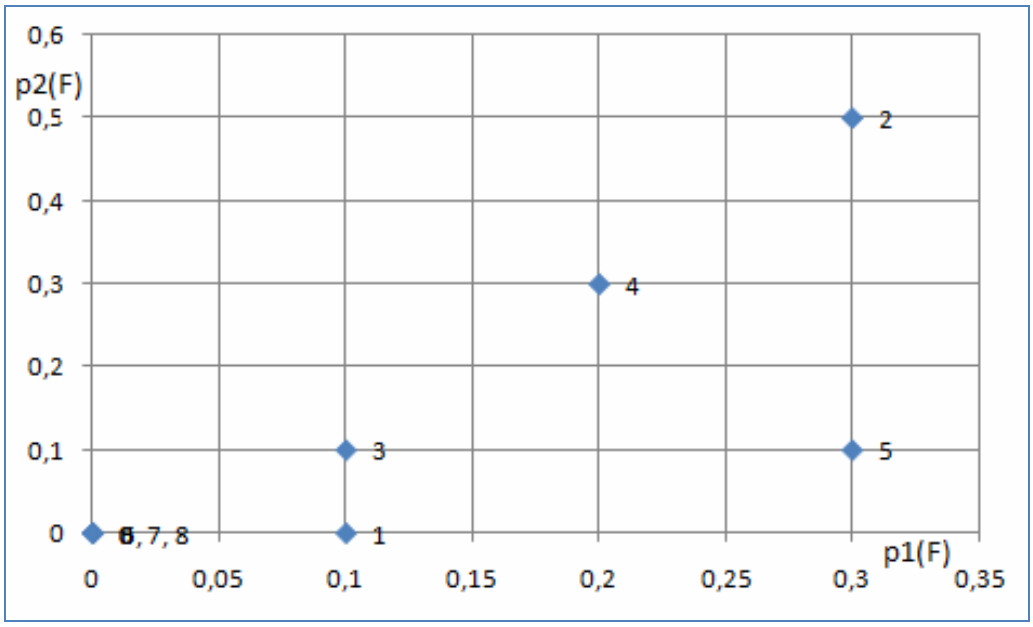


Рис. 2. Векторы прогрессивности объектов

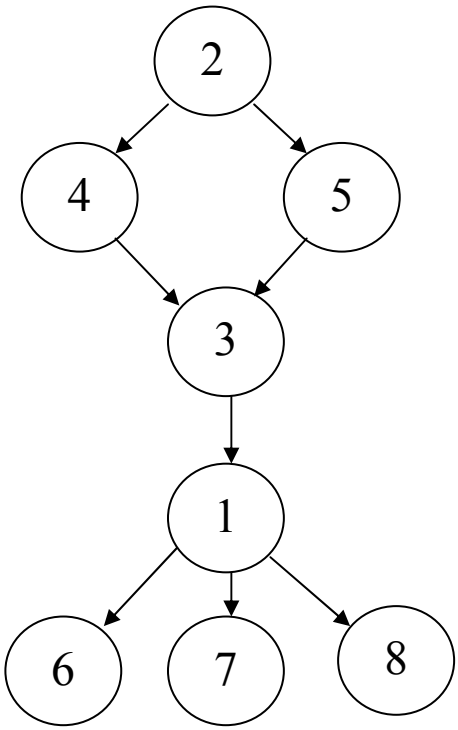


Рис. 3. Схема доминирования объектов по прогрессивности

Литература

1. Ларичев О.И.. Теория и методы принятия решений [Текст] /, О.И.Ларичев. - М.: Изд-во Логос, 2000. - 295с.

С.А. Пиявский, А.Х. Галеев

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА УВЕРЕННЫХ СУЖДЕНИЙ В ЗАДАЧЕ ПЛАНИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Стремительное развитие современных технологий и систем передачи данных, их внедрение в существующую инфраструктуру сетей операторов связи, делает проблему планирования сети и ее развития одной из наиболее актуальных. Задача модернизация сети может включать различные составляющие, такие как развитие ее топологии, увеличение ширины каналов связи, переход на использование новых технологий передачи данных. Задача развитие опорной транспортной сети мобильных операторов связи (Mobile Backhaul) наиболее ярко иллюстрирует данную проблемы, поскольку переход от передачи только голосового трафика к пакетному с последующим перманентным увеличением скорости передачи данных (GPRS->EDGE->3G->LTE) подразумевает постоянную модернизацию сети.

На практике задача планирования развития сетевой инфраструктуры являются типичным примером многокритериальной задачи принятия решений. В процессе планирования, к примеру годового, формируется ряд вариантов развития сети. При этом выделяется ряд критериев оптимальности, такие как затраты на модернизацию, гарантированная пропускная способность каналов связи, максимальная негарантированная пропускная способность каналов связи (пиковая нагрузка). В общем случае набор таких критериев сводится к двум «комплексным» критериям: стоимость варианта развития сети и эффективность этого варианта. Неоднородность этих критериев затрудняет принятия решения [1].

Рассмотрим применимость метода МУС [2] к решению данной задачи принятия решений. Универсальность метода МУС [3,4], предложенного профессором С.А. Пиявским, открывает широкие возможности по решению множества задач, возникающих на практике. В то же время, реализация метода накладывает ряд ограничений на производительную способность вычислительной техники. Наибольшая вычислительная сложность метода определяется третьим этапом метода – расчет мягкого и жесткого рейтинга вариантов решений. В упрощенном варианте предполагается осуществлять расчет методом перебора. Поиск аналитических соотношений, позволяющих отказаться от приближенных и трудоемких вычислений, позволит облегчить применение метода к решению практических задач большой размерности.

Рассмотрим упрощенную постановку задачу, содержащую 2 критерия и 2 альтернативы.

$У_1 - (f_{11}, f_{12})$ - вектор первой альтернативы

$У_1 = (f_{21}, f_{22})$ - вектор второй альтернативы

$\alpha_1 \varepsilon [0; 1]$ – коэффициент важности первого критерия

$\alpha_2 \epsilon [0; 1]$ – коэффициент важности второго критерия

$W = (w_1, w_2)$ - вектор коэффициентов важности критериев

R_1 – искомая мера голосов, отдающих свое предпочтение первой альтернативе

R_2 – искомая мера голосов, отдающих свое предпочтение второй альтернативе

Вектор W определяет неравнозначность критериев. Задача с равнозначными критериями является частным случаем более общей задачи, при которой $W_1 = W_2$, при $W_1 <> W_2$ коэффициенты важности определяют превосходство величин критериев по одному из критериев над другим.

Воспользовавшись линейной сверткой, получим формулы, выражающие числовой коэффициент важности рассматриваемых альтернатив:

$F_1 = \alpha_1 w_1 f_{11} + \alpha_2 w_2 f_{12}$ – числовой коэффициент важности первой альтернативы;

$F_2 = \alpha_1 w_1 f_{21} + \alpha_2 w_2 f_{22}$ – числовой коэффициент важности второй альтернативы.

Упростим систему, применив соотношение для коэффициентов важности, рассматриваемое более подробно в методе МУС, выведем формулы, определяющие меры превосходства каждой альтернативы:

$$\alpha_1 + \alpha_2 = 1$$
$$F_1 = \alpha_1 (w_1 f_{11} - w_2 f_{12}) + w_2 f_{12}$$
$$F_2 = \alpha_1 (w_1 f_{21} - w_2 f_{22}) + w_2 f_{22}$$

Приравняв данные функции, получим аналитическое соотношение для α_1, которое будет определять границу перехода голосов между первой и второй альтернативой.

$$\alpha_1 = \frac{w_2(f_{22} - f_{21})}{w_1(f_{11} - f_{12}) - w_2(f_{21} + f_{22})}$$

Рассмотрим соотношения для определения меры голосов, отдающих предпочтение первой альтернативе, т.е. $F_1 < F_2$

$$\alpha_1 w_1(f_{11} - f_{12}) + w_2 f_{12} < \alpha_1 w_2(f_{21} - f_{22}) + w_2 f_{22}$$

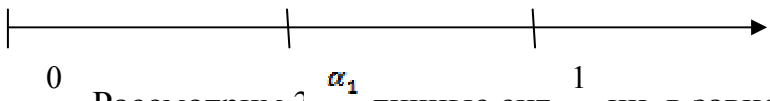
$$\alpha_1 < \frac{w_2(f_{22} - f_{12})}{w_1(f_{11} - f_{12}) - w_2(f_{21} - f_{22})}$$

Введем обозначение

$$D = (w_1(f_{11} - f_{12}) - w_2(f_{21} - f_{22})$$

$$\alpha_1 < \frac{w_2(f_{22} - f_{12})}{D}$$

Рассмотрим подробнее полученное соотношение для определения меры голосов за превосходство каждой альтернативы. Для этого отложим наши соотношения на линейной оси. Точка α_1 определяет границу перехода предпочтений голосов от одной альтернативы к другой.



Рассмотрим 3 различные ситуации, в зависимости от значения D

1. D=0 – в этом случае $w_1(f_{11} - f_{12}) = w_2(f_{22} - f_{21})$ что говорит об идентичности альтернатив:

$$R_1 = 0{,}5$$
$$R_2 = 0{,}5$$

2. D >0 – в этом случае $F_1 < F_2$ для всех $\alpha_1 < \frac{w_2(f_{22} - f_{12})}{[D]}, \alpha_1 \in [0..1]$

$$R_1 = \frac{w_2(f_{22} - f_{21})}{w_1(f_{11} - f_{12}) - w_2(f_{21} + f_{22})}$$

$$R_2 = 1 - \frac{w_2(f_{22} - f_{21})}{w_1(f_{11} - f_{12}) - w_2(f_{21} + f_{22})}$$

3. D < 0 – в этом случае $F_1 < F_2$ для всех $\alpha_1 > \frac{f_{22} - f_{12}}{[D]}, \alpha_1 \in [0..1]$

$$R_1 = 1 - \frac{f_{22} - f_{12}}{f_{11} - f_{12} - f_{21} + f_{22}}$$

$$R_2 = \frac{f_{22} - f_{12}}{f_{11} - f_{12} - f_{21} + f_{22}}$$

Таким образом, были получены аналитические соотношение, позволяющее на основе конечных формул получать решение для упрощенной постановки задачи. Дальнейшее развитие данных рассуждений открывает широкие возможности для реализации и применения метода МУС для решения реальных практических задач большой размерности.

Пример использования модели

Предложенный метод был реализован в виде удаленной системы принятия решений с использование технологий HTML/JavaScript. Для реализации графической составляющей была использована свободная JavaScript библиотека JSXGraph.

Система рассматривает принятие решений по двум критериям: стоимость варианта развития сети и максимальную загрузку каналов как мера эффективности варианта. Предусмотрены возможности задания произвольного набора альтернатив, ввода уверенных суждений первого и второго типа (значимость критериев и значимость альтернатив) согласно методике МУС.

Система работает в режиме сравнения одной (активной) альтернативы с набором остальных (предусмотрена возможность произвольного переключения активной альтернативы). Зеленой область для данной альтернативы подсвечивается зона превосходства данной альтернативы, т.е. все альтернативы, находящиеся в зеленой зоне, являются хуже активной. Границы данной области рассчитываются на основе формул, рассмотренных выше.

На рисунке ниже представлено построение зоны достоверности одного из вариантов планирования. Построение осуществлялось с достоверностью равной 79%, при этом не использовались уверенные суждения первого типа. Таким образом, можно увидеть варианты планирования, уступающие данному с заданной достоверностью.

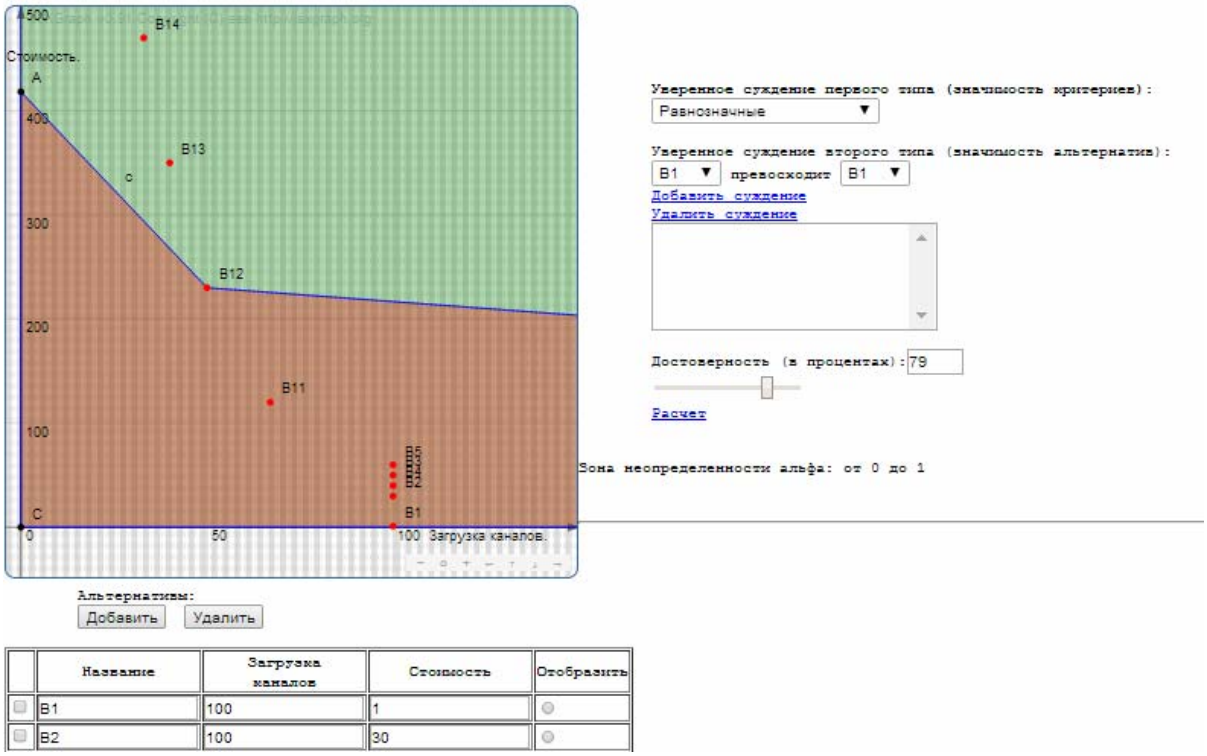


Рис. 1

Таким образом, предлагаемый математический аппарат и графический метод предоставляет хорошие возможности поддержки принятия решения в задачи планирования развития сетевой инфраструктуры транспортных сетей операторов связи.

Литература

1. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений, М., Логос, 2000. - 295 с.
2. Пиявский С.А. Два новых понятия верхнего уровня в онтологии многокритериальной оптимизации. // Онтология проектирования, №1(7), 2013 – с. 65-85.
3. Ларюхин В.Б., Пиявский С.А. Онтология образовательного процесса по направлению «Информационные системы и технологии» // Онтология проектирования №2(4), 2012. – с. 44-58.
4. Малышев В. В., Пиявский Б. С., Пиявский С. А., Метод принятия решений в условиях многообразия способов учета неопределенности. // Известия РАН. Теория и системы управления, № 1, 2010 – с. 46–61.

Н.В. Рузанов, В.А. Печенин, М.А. Болотов

ПРЕОБРАЗОВАНИЕ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА И МЕТОДИКА КОМПЕНСАЦИИ СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ПОГРЕШНОСТЕЙ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ МАШИН

(Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Этап технического контроля соответствия изготовленной детали требуемым конструкторским параметрам является заключительным этапом производства деталей. На данном этапе принимается решение о дальнейшем использовании детали для сборки изделия или отбраковке некачественной детали. Средства измерения, используемые на этапе контроля, должны обеспечивать необходимую точность и обладать высокой скоростью работы. Для контроля геометрических параметров деталей используют координатно-измерительные машины (КИМ). По методу измерения современные КИМ разделяются на две категории – контактные и бесконтактные измерительные машины.

Лопатки компрессора являются одной из сложнейших деталей газотурбинного двигателя, геометрия детали оказывает влияние на эффективность процесса сжатия рабочего тела в осевых компрессорах ГТД и на его величину газодинамической устойчивости. Количество лопаток компрессора в газотурбинном двигателе может достигать 1500 штук, поэтому необходимо обеспечить высокую точность и скорость проведения измерения данной детали. В связи с высокой отражательной способностью лопаток компрессора бесконтактные КИМ дают большую погрешность измерения, поэтому они плохо подходят для измерения данного типа деталей. Современные контактные координатно-измерительные машины являются универсальным устройством, предназначенным для измерения геометрии разнообразных деталей. Оборотной стороной

универсальности является высокая сложность изготовления и как следствие большая стоимость подобных устройств. Для обеспечения массового контроля и снижения стоимости измерительного устройства авторами разрабатывается специализированный прибор для измерения лопаток компрессора ГТД.

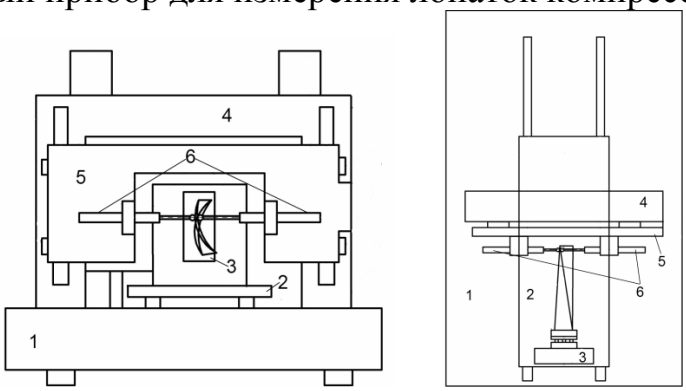


Рис. 1. Схема прибора для измерения лопаток компрессора ГТД.
Вид сбоку и вид сверху

Устройство представляет собой неподвижное основание 1, на котором установлена подвижная платформа 2 с оснасткой для крепления лопатки 3. К раме 4, расположенной на неподвижном основании, крепится П-образная планка 5, содержащая два измерительных щупа 6. Платформа 2 и П-образная планка 5 приводятся в движение шаговыми сервоприводами, а их положение отслеживается датчиками линейных перемещений. Информация с датчиков линейных перемещений и измерительных щупов передается в компьютер для управления движением и измерения профиля пера лопатки.

Приложение получает данные от измерительных устройств и формирует пространственную модель лопатки в системе координат устройства. В приложении используется две системы координат устройства – по одной для каждого измерительного щупа. В указанных системах координат ось абсцисс располагается в направлении движении подвижной платформы 2, ось ординат располагается в направлении движения П-образной планки, ось аппликат направлена вдоль оси измерительных щупов.

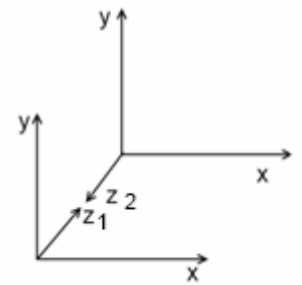


Рис. 2. Системы координат измерительного устройства

Оценка качества изготовления детали проводится путём сравнения измеренной детали с номинальной формой, заданной конструкторской документацией. Номинальная форма задаётся в локальной системе координат, поэтому первым этапом контроля геометрии изготовленной лопатки является преобразование координат точек из системы координат измерительного устройства в локальную систему координат детали. Для этого необходимо определить пара-

метры преобразования систем координат – вектор переноса и углы поворота вдоль каждой оси.

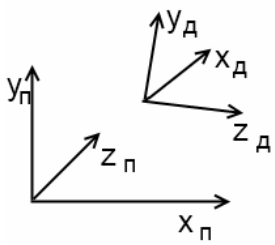


Рис. 3. Система координат измерительного прибора и локальная система координат детали

Предварительные результаты измерения шаблонных элементов, имитирующих плоскость, показали, что локальная система координат детали меняется при движении подвижной платформы. Расхождение между локальной системой координат в начале и конце рабочей зоны составляет 0,08 мм, что является большой величиной при требовании точности измерения 0,02-0,04мм. Указанное явление связано с точностью изготовления прибора, однако дальнейшее повышение точности изготовления составляющих прибора нецелесообразно, так как это связано со значительной технической сложностью и как следствие высокой стоимостью работ.

Для оценки систематических погрешностей в координатно – измерительных машинах широко используются такие инструменты как гранитные и стальные линейки, концевые меры и калибровочные плиты. Указанные инструменты сложно использовать в разрабатываемом приборе, так как существуют технические сложности в правильной фиксации указанных инструментов, калибровочные плиты являются очень сложным и дорогим инструментом, требующем квалифицированного обслуживания. В связи с этим было решено разработать методику определения системы координат с использованием шаблонных инструментов, не требующих существенных затрат.

Для определения параметров преобразования систем координат применяются два шаблонных элемента в виде плоскости и один в виде шара. При помощи измерения элементов на сторонней координатно-измерительной машине строятся уравнения плоскостей и шара в системе координат детали.

$$\begin{gathered} a_1x + b_1y + c_1z + d_1 = 0 \\ a_2x + b_2y + c_2z + d_2 = 0 \\ (x - x_ц)^2 + (y - y_ц)^2 + (z - z_ц)^2 = R^2 \end{gathered} \qquad (1)$$

Чтобы построить уравнения элементов в системе координат измерительного прибора предполагается, что локальная система координат постоянна на некотором малом участке от X до X+ΔX. Измеряя эталонные элементы при положении подвижной платформы X и X+ΔX, строятся уравнения плоскостей и шара в системе координат измерительного прибора.

$$\begin{gathered} A_1X + B_1Y + C_1Z + D_1 = 0 \\ A_2X + B_2Y + C_2Z + D_2 = 0 \\ (X - X_ц)^2 + (Y - Y_ц)^2 + (Z - Z_ц)^2 = R^2 \end{gathered} \qquad (2)$$

При помощи вектора нормали плоскостей и центра шара, строятся зависимости между локальной системой координат детали и глобальной системой координат измерительного прибора. Решая систему уравнений, получаем параметры преобразования для заданного положения измерительной платформы.

Для построения функции преобразования систем координат проводится измерение шаблонных элементов для различных положений подвижной платформы. В дальнейшем полученные данные используются для интерполяции функции.

Использование полученной функции позволяет компенсировать систематические ошибки, возникающие вследствие несовершенства геометрической формы измерительного прибора и оперировать координатами, привязанными к локальной системе координат детали, что позволяет корректно сравнивать изготовленную деталь с ее номинальной формой.

Работа выполнена при финансовой поддержке Правительства Российской Федерации (Минобрнауки) на основании Постановления Правительства РФ №218 по договору № 27/13 от 15.02.2013г.

Литература

1. Роджерс, Д. Математические основы машинной графики [Текст]/Д. Роджерс, Дж. Адамс. – М.: Мир, 2001. – 604 с.

2. Оболенский А.Ю. Лекции по аналитической геометрии [Текст]/А.Ю. Оболенский, И.А. Оболенский – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2004. - 216с.

3. Наместников С.М. Основы программирования в MatLab [Текст]/С.М. Наместников – Ульяновск: УлГТУ – 50с.

4. Джунковский А.В. Повышение точности измерений и совершенствование программного обеспечения координатно-измерительных машин [Текст]: диссертация кандидата технических наук: 05.11.13 Москва, 2007 168 с. РГБ ОД, 61:07-5/2731

5. Swornowski J. A critical look at the coordinate measuring technique [Text]/ J. Swornowski // Mechatronics. – 2013, № 23 – Pp. 80-93

И.Р. Сайфудинов, В.В. Мокшин

АДАПТАЦИЯ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ К СИСТЕМАМ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева)

В данной работе подтверждается гипотеза о прямо пропорциональной зависимости времени обнаружения объекта в видеопоследовательности кадров от информативности изображения кадра. Классическая постановка задачи распознавания образов формулируется следующим образов: Дано множество объек-

тов. Относительно них необходимо провести классификацию. Множество представлено подмножествами, которые называются классами. Заданы: информация о классах, описание всего множества и описание информации об объекте, принадлежность которого к определенному классу неизвестна. Требуется по имеющейся информации о классах и описании объекта установить - к какому классу относится этот объект.

Существуют определенные методы для сравнения изображений, основанные на сопоставлении знаний об изображениях в целом. В общем случае это выглядит следующим образом: для каждой точки изображения вычисляется значение определённой функции, на основании этих значений можно приписать изображению определённую характеристику, тогда задача сравнения изображений сводится к задаче сравнения таких характеристик. По большому счету, эти методы настолько же плохи, насколько просты, и работают приемлемо, практически, только в идеальных ситуациях. Причин этому несколько: появление новых объектов на изображении, перекрытие одних объектов другими, шумы, изменения масштаба, положения объекта на изображении, положения камеры в трехмерном пространстве, освещения, аффинные преобразования и т.д. Собственно, плохие качества этих методов обусловлены их основной идеей, т.е. тем, что в характеристику вносит вклад каждая точка изображения, каким бы плохим этот вклад не был.

Последнее утверждение наталкивает на мысли обхода таких проблем: надо или как-то выбирать точки, вносящие вклад в характеристику, или, ещё лучше, выделять некоторые особые (ключевые) точки и сравнивать их. На этом мы и основывается принцип сопоставления изображений по ключевым точкам. Можно сказать, что мы заменяем изображение некоторой моделью — набором его ключевых точек. Сразу отметим, что особой будет называться такая точка изображенного объекта, которая с большой долей вероятности будет найдена на другом изображении этого же объекта. Детектором будем называть метод извлечения ключевых точек из изображения. Детектор должен обеспечивать инвариантность нахождения одних и тех же особых точек относительно преобразований изображений.

Единственно, что остается неопределенным — каким образом определять какая ключевая точка одного изображения соответствует ключевой точке другого изображения. Ведь после применения детектора можно определить только координаты особых точек, а они на каждом изображении разные. Тут в дело и вступают дескрипторы. Дескриптор — идентификатор ключевой точки, выделяющий её из остальной массы особых точек. В свою очередь, дескрипторы должны обеспечивать инвариантность нахождения соответствия между особыми точками относительно преобразований изображений.

В итоге получается следующая схема решения задачи сопоставления изображений:

1. На изображениях выделяются ключевые точки и их дескрипторы.
2. По совпадению дескрипторов выделяются соответствующие друг другу ключевые точки.

3. На основе набора совпавших ключевых точек строится модель преобразования изображений, с помощью которого из одного изображения можно получить другое.

Далее будет рассмотрены этапы и результаты выделения особых точек и их дескрипторов методом SIFT (Scale Invariant Feature Transform) при различных показателях информативности изображений кадров. Для проведения экспериментов использовалась видеопоследовательность со следующими характеристиками:

Разрешение	320*240 пикселей
Кадровая частота	15 кадр/сек.
Скорость передачи данных	2800 кбит в сек
Общая скорость потока	2800 кбит в сек
Продолжительность	58 сек.

В первом этапе эксперимента, применяется видеопоследовательность без предварительных обработок. Входным параметром алгоритма был кадр цветного видео. Данный алгоритм состоит из следующих шагов:

Входные данные: Цветное RGB видео [v];

Выходные данные: соответствующее цветное видео [v’], с выделением ключевых точек.

Алгоритм:

```
[v’]:=0;
For i=0 to NumFrames([v]) do
  [vgi] = RGB([vi]);
  sift([vgi],[key_points],[descriptors]);
  [bi] = drawKeypoints([vgi],[key_points],[outputimage]);
  [v’] = AddFrame([bi]);
End;
```

Рассмотрим алгоритм:

1) последовательно извлекается следующий кадр vi из видеопотока v’ ;
2) методу SIFT передается текущий кадр vi, вектор key_points для хранения полученных ключевых точек, матрица descriptors для хранения дескрипторов;
3) для отрисовки ключевых точек используется метод drawkeypoints, принимающий параметры: изображение vgi , ключевые точки, и выходное изображение.

Результат нахождения ключевых точек для метода SIFT изображен на рис.1.

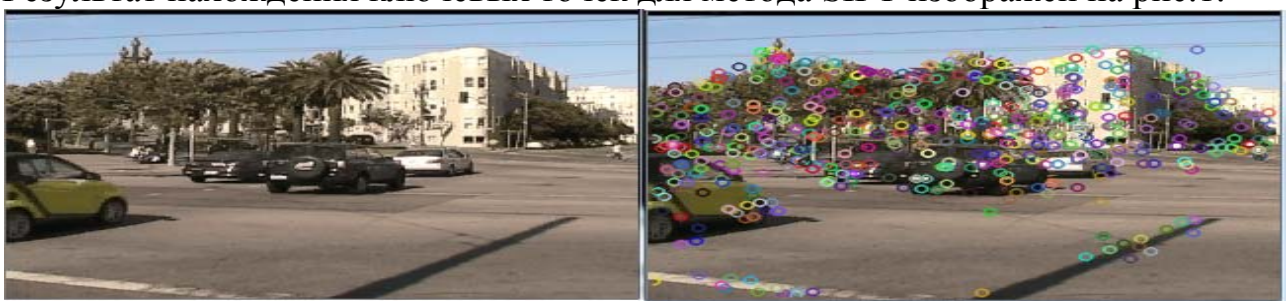


Рис. 1. Соответствие ключевых точек методом SIFT

На следующем этапе, входная последовательность кадров преобразуется в градации серого. Из трехканального изображения получаем одноканальное со значениями пикселей от 0 до 256.

В третьем этапе к последовательности видеокадров применяется алгоритм адаптивной модели фона, основанный на фильтре скользящего среднего. Если пиксель в текущем кадре имеет значение яркости больше, чем соответствующий пиксель фона, вес фонового пикселя увеличивается на 1, иначе вес соответствующего фонового пикселя уменьшается на 1:

$$b_{t+1}(x,y) = \begin{cases} b_t(x,y)+1, & если \;\; vg_t(x,y) > b_t(x,y) \\ b_t(x,y)-1, & если \;\; vg_t(x,y) < b_t(x,y) \end{cases}$$

где $b_{t+1}(x,y)$ и $b_t(x,y)$ представляют пиксели модели фона в моменты времени $t+1$ и t соответственно, $vg_t(x,y)$ это значения яркости пикселя (x,y) в кадре t. Суть данного алгоритма в том, что фон изображения динамически меняется, что позволяет наблюдать только движущиеся объекты (рис.3.). Преимущество данного подхода в том что изображение содержит меньше информативных признаков чем при цветном или черно-белом изображении, но этой информации достаточно для выявления ключевых точек.

Рис. 3. Применение адаптивной модели фона и алгоритма SIFT

В таблице №1 отображены результаты времени вычислений для различных видов экспериментов.

Таблица 1

	RGB-видео	**Серое видео**	**Видео с применением адаптивной модели фона**
Общее время вычислений (мин.)	22,55	21	11,1
Среднее время вычислений (сек.)	1,55	1,44	0,76

Эксперименты подтвердили гипотезу, при уменьшении значимых признаков, уменьшается количество ключевых точек, что ведет к уменьшению времени обработки, что существенно для систем реального времени. Также было отмечено увеличение времени обработки с увеличением числа объектов на сцене. SIFT дескрипторы не лишены недостатков. Не все полученные точки и

их дескрипторы будут отвечать предъявляемым требованиям. Естественно это будет сказываться на дальнейшем решении задачи сопоставления изображений. В некоторых случаях решение может быть не найдено, даже если оно существует. Например, при поиске аффинных преобразований (или фундаментальной матрицы) по двум изображениям кирпичной стены может быть не найдено решения из-за того, что стена состоит из повторяющихся объектов (кирпичей), которые делают похожими между собой дескрипторы разных ключевых точек.

Литература

1. Журавлев Ю.И. Об алгебраическом подходе к решению задач распознавания и классификации // Проблемы кибернетики. – М.: Наука, 1978, вып. 33. – С. 5-68.

2. David G. Lowe. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints., 2004. pp. 1-4

3. Построение SIFT дескрипторов и задача сопоставления изображений – 2010.- (http://habrahabr.ru/post/106302/)

Е.В. Симонова, А.А. Жиляев

АЛГОРИТМ КОЛЛЕКТИВНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАДАЧ В ГРУППИРОВКЕ МАЛОРАЗМЕРНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Введение

Достижения последних лет в области микроэлектроники позволили снизить массу космических аппаратов, используемых для дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), сохранив при этом их целевые характеристики. В результате появился новый класс космических аппаратов, называемых малоразмерными (МКА). В настоящее время подходы, применяемые к управлению группировками МКА, носят «централизованный» и «статический» характер, когда для каждого спутника предполагается определенный наперед заданный порядок выполнения задач, передаваемый из наземного центра управления. Альтернативным решением является реализация «распределенного динамического» управления, когда задачи ставятся не отдельным космическим аппаратам, а всей группировке в целом, причем исполнители могут адаптивно изменяться в зависимости от возникающих событий. Такой подход требует реализации принципиально новых методов и средств построения систем управления.

Постановка задачи

Пусть космическая система ДЗЗ состоит из N малоразмерных космических аппаратов, каждый из которых одновременно способен решать задачу зондирования не более q_i ($i \in [1,N]$) объектов наблюдения (ОН). Общее количество задач в заданный момент времени равно M. Ограничений на соотно-

шение числа космических аппаратов и задач не накладывается. Зондирование ОН в определенном спектре может одновременно производиться только одним МКА. При этом эффективность размещения j-ой задачи ($j \in [1, M]$) на i-ом космическом аппарате c_{ij} определяется временем видимости ОН данным МКА в течение указанного срока выполнения задачи, а также ее приоритетом. Требуется распределить имеющиеся и вновь поступающие задачи между МКА группировки так, чтобы повысить суммарную эффективность системы.

Данная постановка задачи, с некоторыми допущениями, может быть отнесена к классической задаче о назначениях, в которой необходимо распределить имеющиеся работы (задачи зондирования) по ресурсам (космическим аппаратам), максимизировав при этом целевую функцию:

где c_{ij} –эффект от выполнении j-й задачи i-м ресурсом,

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, \text{если } i - \text{ый ресурс выполняет } j - \text{ю задачу}, \\ 0, \text{в противном случае.} \end{cases}$$

При этом, в отличие от классической постановки, в рассматриваемом случае множество ресурсов имеет размер необязательно равный размеру множества работ, а ресурс может быть задействован для выполнения нескольких работ:

$$\sum_{j=1}^{M} x_{ij} \leq q_i, i = \overline{1, N}.$$

$$\sum_{i=1}^{N} x_{ij} \leq 1, j = \overline{1, M}.$$

где q_i – максимальное количество выполняемых i-м ресурсом работ.

Задача о назначениях может решаться с использованием различных методов и алгоритмов. В частности, она может быть сведена к решению соответствующей задачи линейного программирования. Однако в рассматриваемом случае использование централизованных методов поиска решения осложняется динамически изменяющимися условиями среды, когда поступление новых задач происходит внепланово в любой момент времени, а количественный состав группировки МКА подвержен изменениям. Применение распределенных методов не только повысит оперативность учета возникающих событий, но и позволит корректировать реализуемый в реальном времени план как можно более «точечно», чтобы изменению подвергалась только та его часть, которая непосредственно связана с событием. В основу такого подхода могут быть положены итерационные алгоритмы коллективного улучшения плана [1], реализованные в контексте мультиагентных технологий.

Алгоритм коллективного распределения задач ДЗЗ

При реализации коллективного распределения задач ДЗЗ группировка МКА рассматривается в виде гетерогенной мультиагентной системы, в которой агентами являются одиночные МКА ДЗЗ, спутники-ретрансляторы, наземные станции и объекты наблюдения [2].

Рассмотрим алгоритм коллективного распределения задач между агентами системы (рисунок 1):

1. Пусть в произвольный момент времени агент наземной станции специфицирует и передает *m*-ю задачу на поиск целевого объекта. Информация о задании представляется в виде отельного сообщения, содержащего параметры ОН (географические координаты, время начала $t_m^{\text{н}}$ и окончания $t_m^{\text{к}}$ зондирования, приоритет p_m) и онтологическое описание искомого объекта. Сообщение передается специальным спутникам-ретрансляторам, положение которых в любой момент времени определено их геостационарной орбитой.
2. При получении сообщения-задания агент спутника-ретранслятора передает сообщение с предложением новой задачи агентам всех видимых МКА (2). Каждому МКА ставится в соответствие множество зондируемых им объектов наблюдения O_i.
3. Получив сообщение-предложение, агент *n*-го МКА, на основании параметров поступившей задачи, а также имеющихся у него данных о собственной орбите, рассчитывает значение эффективности размещения новой задачи:

   $$c_{nm} = p_m \int_{t_m^{\text{н}}}^{t_m^{\text{к}}} visibility_{nm}(t)dt,$$

   где $visibility_{nm}(t)$ – видимость *m*-го объекта наблюдения *n*-м космическим аппаратом, зависящая от элементов орбиты МКА и координат ОН. Если общее число принятых МКА заданий меньше максимально допустимого значения q_n, то агент-МКА отправляет ответное сообщение, в котором указывает значение выигрыша в эффективности $\Delta_{nm} = c_{nm}$. В противном случае космический аппарат инициирует переговоры по передаче одного из своих заданий другому МКА, для чего последовательно отправляет сообщения видимым ему космическим аппаратам с предложением поочередно взять каждую из задач, входящих в множество O_n.
4. В ответном сообщении агенты опрошенных МКА указывают соответствующие значения эффективности. Среди всех возможных вариантов перемещения задачи выбирается тот, для которого выигрыш в эффективности максимален:

   $$\Delta_{nm} = \max_{h,k}\left(c_{nm} + c_{hk} - c_{nk}\right),$$

   где *h* – номер МКА, входящего в подмножество доступных для коммуникации с *n*-м космическим аппаратом, *k* – номер задачи, входящей в множество O_n.
5. Пункты 3 и 4 могут рекурсивно повторяться до тех пор, пока очередной космический аппарат, получивший сообщение-предложение, не сможет беспрепятственно принять перемещаемую задачу, или не станет равным нулю счетчик, ограничивающий глубину рекурсии. На обратном ходе рекурсии агенты космических аппаратов, затронутых в данном варианте перемещения, отправляют ответные сообщения, содержащие информацию обо всех требующихся перемещениях и их суммарную эффективность. В построенной

цепочке перемещений допускается лишь однократное участие каждого космического аппарата.

6. Цепочка перемещений принимается инициировавшим ее МКА в случае, если реализация всех входящих в нее перемещений не уменьшит суммарную эффективность системы, для чего должно выполняться условие $\Delta_{nm} \geq 0$. В противном случае, задача остается закрепленной за инициатором переговоров, однако к ее выполнению он приступает только после завершения работы с более приоритетными с точки зрения эффективности задачами. Если за время принятия решения в распределении задач между МКА произошли изменения, перемещение задачи не производится, а процесс поиска повторяется.
7. В течение интервала времени, когда космический аппарат, двигаясь по орбите, проходит над объектом наблюдения, он выполняет задачу идентификации цели, исследуя объект наблюдения в своем спектре (3). Если МКА обнаруживает в своем диапазоне длин волн подходящий под описание объект, он становится инициатором. МКА-инициатор параллельно передает запрос на зондирование ОН космическим аппаратам, работающим в других диапазонах длин волн (4).
8. МКА этих диапазонов проверяют объект по переданным координатам (5). Полученные результаты отправляются МКА-инициатору напрямую или через сеть ретрансляторов (6).
9. Если результат зондирования положительный, то МКА-инициатор отправляет сообщение с результатом наземной станции, а затем продолжает поиск других объектов, подходящих под заданное описание (7).
10. Сканирование заканчивается либо по сигналу с Земли, либо когда все квадраты объекта наблюдения будут исследованы космическими аппаратами, работающими во всех диапазонах длин волн.

Рис. 1. Алгоритм коллективного распределения задач ДЗЗ

Заключение. Применение мультиагентного подхода позволяет адаптивно перераспределять задачи внутри группировки путем взаимодействия между ап-

паратами непосредственно в процессе выполнения этих задач, в результате чего становится возможной обработка заранее не запланированных событий.

Литература

1. Каляев И.А. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов / И.А Каляев, А.Р. Гайдук, С.Г. Капустян. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – 280 с.

2. Соллогуб А. В. Мультиагентные технологии распределенного управления группировкой малоразмерных космических аппаратов дистанционного зондирования Земли / П. О. Скобелев, Е. В. Симонова, А. В. Царев, М. Е. Степанов, А.А. Жиляев // Информационное общество. – 2013. №1-2

О.П. Солдатова, А.М. Кузенная

РАСПОЗНАВАНИЕ РУКОПИСНЫХ ЦИФР ПРИ ПОМОЩИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ С ОДНИМ СКРЫТЫМ СЛОЕМ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Целью данной научной работы является изучение возможностей нейронных сетей в распознавании рукописных цифр, проектирование и реализация системы распознавания рукописных цифр на основе многослойного персептрона с одним скрытым слоем для экспериментальной оценки работы данного вида сети, сравнение полученных результатов с результатами при другой структуре и настройке сети.

Реализованная сеть показала высокую эффективность при распознавании рукописных цифр. Все тесты велись с использованием базы рукописных цифр MNIST [1]. Система реализована на платформе C# в интегрированной среде разработки Microsoft Visual C# 2010.

Структура сети приведена на рисунке 1. Входные данные рассматриваемой задачи поделены на две части. Первая часть содержит эталонные представления букв, а вторая, тестовая, – те же буквы, но с искажениями. Эталонные буквы используются для обучения нейронной сети. Вторая часть используется для тестирования и оценки эффективности сформированной нейронной сети.

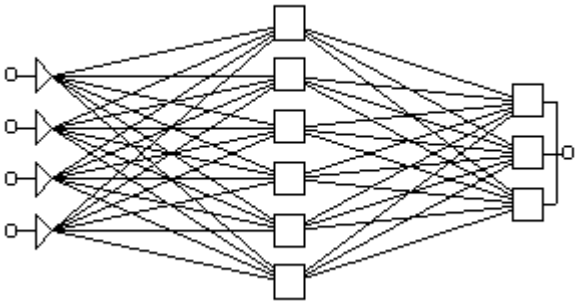


Рис. 1. Структура многослойного персептрона с одним скрытым слоем

Входной слой представляет собой вектор входных признаков изображения, который представляет собой вектор пикселей размером 28*28. Каждый компонент входного вектора связан со всеми нейронами скрытого слоя. Скрытый и выходной слои образуют сигмоидальные нейроны. Число элементов в первом и втором слоях нейронной сети может варьироваться. В частности, в разработанной модели нейронной сети скрытый слой содержит 20, а выходной – 10 нейронов.

Обучающие и тестовые данные хранятся в виде картинок формата «.bmp». Сначала следует 8000 эталонных изображений, а затем 2000 тестовых. Программы обучения и распознавания работают с числовыми представлениями цифр. Каждая цифра – это изображение, состоящее из пикселей. В процессе обработки все изображения трансформируются в массив из целочисленных значений размера 28*28 с помощью разработанного в работе метода, преобразующего изображение с пороговой функцией цвета. При вычислении выходного сигнала нейрона используется сигмоидальная функция, возвращающая значение в диапазоне [-1, 1]. Число выходов нейронной сети равно числу цифр в обучающей выборке. В примере формируется нейронная сеть, способная распознавать 10 цифр. Значения выходных сигналов находятся в диапазоне [-1, 1]. После обработки сигнала выбирается выход с максимальным сигналом.

Сигнал, подаваемый на вход элемента нейронной сети слоя k, определяется, как взвешенная сумма его входных сигналов:

$s^k_j = \sum^m_{i=1} x_i w^k_{ij}, j = 1, n_k$, где m – число нейронов в слое $k – 1$.

В случае входного слоя $m = 28*28$, а x_i – это входные сигналы; n_k – число элементов в слое k; w^k_{ij} – соответствующий весовой коэффициент.

Выход каждого элемента рассчитывается по следующей формуле:

$y_j^k = f(s_j^k)$, где $f(x) = -0.5 + 1 / (1 + e^{-\alpha x})$ (здесь $\alpha = 1.0$) .

Задача обучения нейронной сети состоит в нахождении весовых коэффициентов w^k_{ij}, обеспечивающих правильное распознавание цифр. Эта задача решается методом обратного распространения ошибки, при помощи следующего алгоритма:

1. Взять произвольную эталонную цифру.
2. Подать на вход сети ее числовое представление и рассчитать значения y_j выходных сигналов нейронной сети.
3. Вычислить параметр коррекции δ_j каждого элемента нейронной сети $\delta_j = (y_j - d_j)dy_j/ds_j$ (в случае выходных нейронов), где d_j – ожидаемое значение на j-м выходе, или $\delta_j^k = [\sum_i \delta_i^{k+1} w_{ij}^{k+1}]dy_j/ds_j$ (для нейронов первого и второго слоев, $k = 1$ или $k = 2$).
4. Рассчитать величину коррекции весовых коэффициентов выходных элементов $\Delta w^k_{ij} = -\eta \delta^k_j y_{ij}^{k-1}$ (в случае выходного слоя $k = 3$). В программе $\eta = 0.5$.
5. Выполнить корректировку весовых коэффициентов элементов каждого слоя $w^k_{ij} = w^k_{ij} + \Delta w^k_{ij}$.
6. Повторить процедуру обучения, подавая на вход описание следующей эталонной буквы.

Приведенная процедура неоднократно повторяется для всего множества эталонных букв, образующих обучающую выборку. Процесс обучения завершается либо при получении весовых коэффициентов, обеспечивающих распознавание всех букв обучающей выборки, либо после превышения заданного порогового числа итераций. Начальные значения весовых коэффициентов всех нейронов, формируемые перед первой итерацией, задаются случайным образом в диапазоне [0.0, 1.0]. Обучающая выборка формируется из 8000 картинок базы MNIST [1].

На выходе сети, по известным, найденным в процессе обучения весовым коэффициентам вычисляется вектор y (размер вектора 10). Решение дает выходной нейрон с максимальным значением y_j: по номеру j этого нейрона предъявляется в качестве ответа цифра.

Были исследованы зависимости среднеквадратичного отклонения (СКО) от настроек сетей и обучения при следующих параметрах обучения: обучающая выборка – 8000 изображений, входной слой – 28*28 нейронов, скрытый слой – 20, выходной – 10. Зависимость СКО от коэффициента наклона сигмоидальной функции представлена в таблице 1.

Таблица 1. Зависимость СКО от коэффициента наклона сигмоидальной функции

Коэффициент наклона сигмоидальной функции	Среднеквадратичная ошибка
1,0	0,0000035
0,8	0,0000140
0,6	0,0000700
0,5	0,0001110

Результаты исследований зависимости СКО от числа скрытых нейронов представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость СКО от числа нейронов в скрытом слое

Число нейронов в скрытом слое	Среднеквадратичная ошибка
20	0,0000035
17	0,0004832
15	0,0000331

Для тестирования были взяты параметры сети, дающие наименьшее СКО при обучении: тестовая выборка – 8000 изображений, входной слой – 28*28 нейронов, скрытый слой – 20, выходной – 10. На рисунке 2 в качестве примера приведено изображение цифры 0.

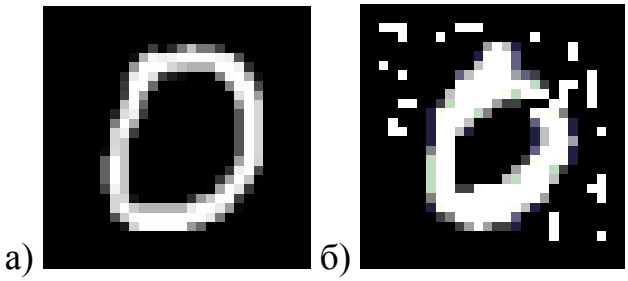


Рис. 2. а) случайная картинка из эталонной выборки;
б) изображение той же цифры из тестовой выборки

Тестирование сети проведено на 2000 тестовых картинок, ошибка выявлена при распознавании 23 изображений. При указанных параметрах сеть неверно распознала цифры в 1,15% случаев.

Для сравнения эффективности работы реализованной сети в таблице 3 приведены результаты, показанные другими классификаторами на тестовом множестве базы MNIST (обучение проводилось на 60000 образцов, а тестирование – на 10000 образцов) [2]. В таблице 3 представлены результаты линейных классификаторов, нейронных сетей с одним и двумя скрытыми слоями, машин опорных векторов и свёрточных нейронных сетей семейства LeNet [3]. Из таблицы видно, что минимальная частота ошибок при обработке проверочного набора составляет 0,7% для сети Boosted LeNet-4.

Таблица 3. Процент неверно распознанных символов

Классификатор	Количество ошибок на тестовой выборке (%)
Linear	12
[deslant] Linear	8,4
Pairwise	7,6
K-NN Euclidean	5
[deslant] K-NN Euclidean	2,4
40 PCA + quadratic	3,3
1000 RBF + linear	3,6
[16x16] Tangent Distance	1,1
SVM poly 4	1,1
RS-SVM poly 5	1
[dist] V-SVM poly 9	0,8
28x28-300-10	4,7
[dist] 28x28-300-10	3,6
[deslant] 20x20-300-10	1,6
28x28-1000-10	4,5
[dist] 28x28-1000-10	3,8
28x28-300-100-10	3,05
[dist] 28x28-300-100-10	2,5
28x28-500-150-10	2,95
[dist] 28x28-500-150-10	2,45

[16x16] LeNet-1	1,7
LeNet-4	1,1
LeNet-4/Local	1,1
LeNet-4/K-NN	1,1
LeNet-5	0,95
[dist] LeNet-5	0,8
[dist] Boosted LeNet-4	0,7

Таким образом, реализованная в рамках данной работы нейронная сеть, при более простой по сравнению со свёрточной сетью структуре, показывает результаты распознавания, сопоставимые с сетями LeNet.

Литература

1. LeCun, Y. The MNIST database of handwritten digits – http://yann.lecun.com/exdb/mnist.
2. Солдатова О.П., Гаршин А.А. Применение сверточной нейронной сети для распознавания рукописных цифр. Компьютерная оптика. – 2010. – Том 34,№2. – с. 252-260 – ISSN 0134-2452.
3. LeCun, Y. Gradient Based Learning Applied to Document Recognition / Y. LeCun, L. Bottou, P. Haffner – IEEE Press, 1998. – 46 pages.

О.П. Солдатова, Д.А. Панкратова

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УЧЕТНЫХ ЦЕН НА ДРАГОЦЕННЫЕ МЕТАЛЛЫ С ПОМОЩЬЮ НЕЧЕТКОЙ НЕЙРОННОЙ ПРОДУКЦИОННОЙ СЕТИ ВАНГА-МЕНДЕЛЯ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Способности нейронной сети к прогнозированию напрямую следуют из её способности к обобщению и выделению скрытых зависимостей между входными и выходными данными. После обучения сеть способна предсказать будущее значение некой последовательности на основе нескольких предыдущих значений и (или) каких-то существующих в настоящий момент факторов. Следует отметить, что прогнозирование возможно только тогда, когда предыдущие изменения действительно в какой-то степени предопределяют будущие. Например, прогнозирование котировок акций на основе котировок за прошлую неделю может оказаться успешным (а может и не оказаться), тогда как прогнозирование результатов завтрашней лотереи на основе данных за последние 50 лет почти наверняка не даст никаких результатов [1].

Для прогнозирования учетных цен на драгоценные металлы была выбрана сеть Ванга-Менделя, поскольку только для этой сети существует эффективный и достаточно простой адаптивный алгоритм обучения, который позволяет автоматически организовать сеть. Данный алгоритм подбирает число нейронов

в скрытом слое для решения конкретной задачи, что является основной проблемой при проектировании многослойных сетей.

Сеть Ванга-Менделя относится к классу нечётких продукционных нейронных сетей, который объединяет возможности нечёткого логического вывода, присущих базам продукционных правил, и способности нейронных сетей обучаться на ограниченном множестве примеров.

Сеть представляет собой четырехслойную структуру, в которой первый слой выполняет фуззификацию входных данных, второй – агрегирование значений активации условия нечёткого правила вывода, третий (линейный) – агрегирование M правил вывода (первый нейрон) и генерацию нормализующего сигнала (второй нейрон), тогда как состоящий из одного нейрона выходной слой осуществляет нормализацию, формируя выходной сигнал $y(x)$. Только первый и третий слои являются параметрическими. В первом слое это параметры функции фуззификации $(c_j^{(k)}, \sigma_j^{(k)}, b_j^{(k)})$, а в третьем слое – веса $v_1, v_2, ..., v_M$, интерпретируемые как центр c_k функции принадлежности следствия i-го нечеткого правила вывода [2]. Структура сети представлена на рисунке 1.

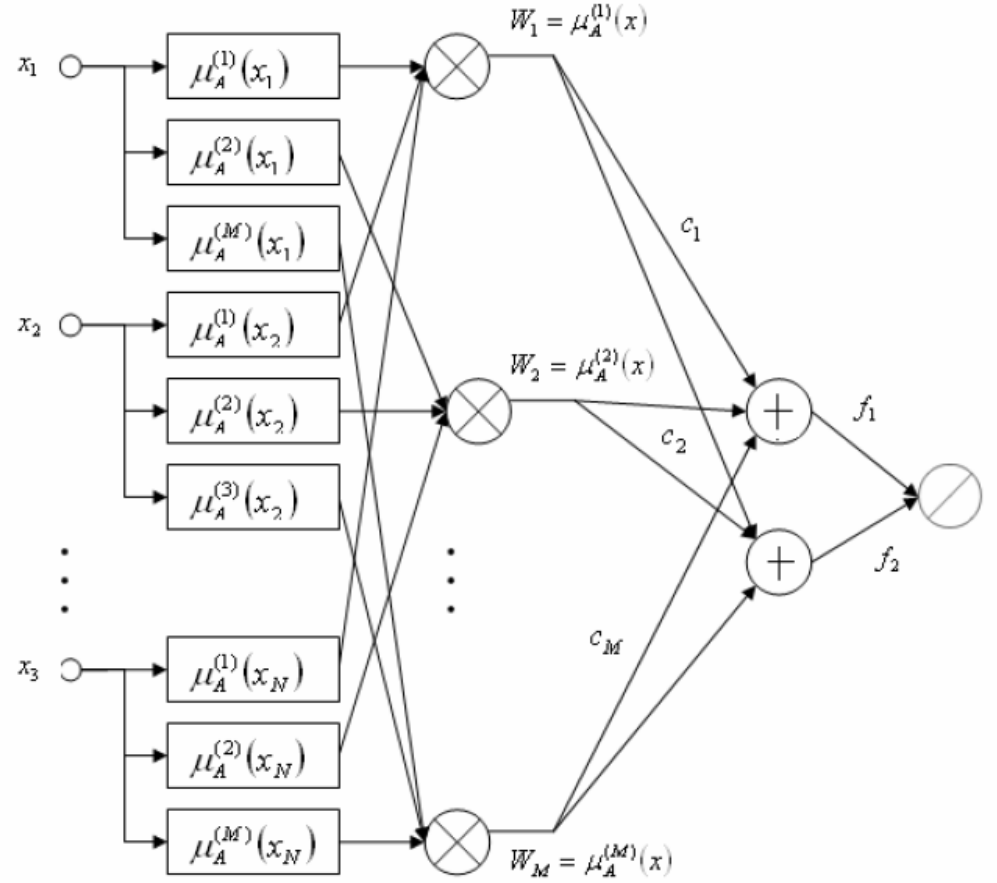


Рис. 4. Структура нечеткой нейронной сети Ванга-Менделя

Выходной сигнал данной нечеткой сети определяется по формуле:

$$y = f(x) = \frac{\sum_{i=1}^{M} v_i \left[\prod_{j=1}^{N} \exp\left[-\left(\frac{x_j - c_j^{(i)}}{\sigma_j^{(i)}} \right)^{2b_j^{(i)}} \right] \right]}{\sum_{i=1}^{M} \left[\prod_{j=1}^{N} \exp\left[-\left(\frac{x_j - c_j^{(i)}}{\sigma_j^{(i)}} \right)^{2b_j^{(i)}} \right] \right]}.$$

Для обучения сети Ванга-Менделя использовались два алгоритма: адаптивный и обратного распространения ошибки [2]. Поскольку второй алгоритм имеет линейную сходимость и проводит «грубую» аппроксимацию, он применялся не в чистом виде, а в совокупности с адаптивным алгоритмом (последовательный метод обучения) и с предварительной инициализацией нелинейных параметров сети с помощью алгоритма K-усреднений.

Адаптивный алгоритм позволяет определить количество и расположение центров, иначе говоря, число нейронов в скрытом слое (нечетких продукционных правил).

Общий вид формулы адаптации для алгоритма обратного распространения ошибки имеет вид:

$$p_{il}(l+1) = p_{il}(l) - \eta_p \frac{\partial E(l)}{\partial p_{il}},$$

где η_p – коэффициент обучения,

$E(l)$ – мера абсолютной погрешности обучения,

p_{il} – нелинейные параметры сети.

С помощью данного алгоритма выполняется подбор нелинейных параметров сети – $c_j^{(k)}, \sigma_j^{(k)}$, которые соответствуют центру и ширине компоненты входного вектора.

Алгоритм K-усреднений проводит инициализацию нелинейных параметров сети [2]. Он так же, как и адаптивный алгоритм заключается в разделении пространства входных данных на кластеры.

В научно-исследовательской работе обучение проводилось на выборках, включающих учетные цены на золото, платину, серебро и палладий в период с 01.01.2013 по 10.04.2014, т.е. мощность выборки составляет около 300 значений.

Примем обозначения:

r – максимальный радиус кластера для адаптивного алгоритма;

w – размер скользящего окна;

test – мощность тестовой выборки;

e – количество эпох;

rools – количество правил (нейронов в скрытом слое);

tol – точность для алгоритма обратного распространения ошибки.

Результаты исследований были собраны в таблицы, в которых отражены значения параметров, использованных при обучении разными алгоритмами, и значения погрешностей обучения и тестирования (см. таблицу 1 и таблицу 2).

Таблица 1 – Параметры алгоритмов обучения

Название металла	Название алгоритма обучения	Максимальный радиус, r	Размер скользящего окна, w	Количество правил, rools	Количество эпох, e
Серебро	Адаптивный	0.06	3	-	10
	ОРО	-	2	2	65
	Последовательный	0.5	2	47	24
Платина	Адаптивный	3	2	-	10
	ОРО	-	2	33	300
	Последовательный	15	2	63	30
Золото	Адаптивный	4	2	-	11
	ОРО	-	2	25	45
	Последовательный	4	2	222	27
Палладий	Адаптивный	1	2	-	30
	ОРО	-	2	50	34
	Последовательный	10	2	48	45

Таблица 2 – Погрешности обучения и тестирования

Название металла	Максимальная цена, руб.	Название алгоритма обучения	Погрешность обучения	% соотношение	Погрешность тестирования	% соотношение
Серебро	31.26	Адаптивный	0.2591	0,83	0.2671	0,85
		ОРО	0.5074	1,62	0.1252	0,40
		Последовательный	0.9112	2,91	0.2061	0,66
Платина	1738.05	Адаптивный	7.4096	0,43	18.6029	1,07
		ОРО	17.2892	0,99	20.029	1,15
		Последовательный	240.8300	13,86	26.4316	1,52
Золото	1644.68	Адаптивный	8.6406	0,53	21.9411	1,33
		ОРО	37.2129	2,26	15.9596	0,97
		Последовательный	229.2618	13,94	27.7305	1,69
Палладий	925.57	Адаптивный	2.8794	0,31	16.4163	1,77
		ОРО	12.1499	1,31	11.8707	1,28
		Последовательный	16.5982	1,79	15.3426	1,66

В качестве меры погрешности использовалось значение СКО, полученное на последнем этапе обучения:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}(y_i^{val} - y_i)^2}{N-1}},$$

где y_i^{val} – вычисленное значение выходного сигнала сети;

y_i – эталонное значение выходного сигнала сети,

N – размерность выборки.

Кроме того, для наглядности была найдено процентное соотношение данной погрешности относительно максимального значения цены драгоценного металла.

Из таблиц 1 и 2 следует, что:

- задаваемый радиус кластера растет пропорционально порядку значений выборки;
- адаптивный алгоритм обучения работает эффективнее при обучении, чем при тестировании;
- адаптивный алгоритм требует наименьшее количество эпох обучения;
- адаптивный алгоритм обучения инициализирует алгоритм обратного распространения ошибки гораздо хуже, чем алгоритм K-усреднений;
- для драгоценных металлов, имеющих большее количество скачков цен, приходится выбирать минимально возможный размер прогнозного окна;
- при последовательном применении двух алгоритмов обучения используется больше нейронов скрытого слоя, что увеличивает вычислительную мощность, но ухудшает показатели прогнозирования в целом;
- задаваемая для алгоритма обратного распространения точность не оказывает существенного влияния на результат;
- при прогнозировании использовалось прогнозное окно преимущественно размера 2, с увеличением размера существенно увеличивалась погрешность.

Следует отметить, что сеть Ванга-Менделя показывает хорошие результаты при прогнозировании цен на драгоценные металлы, а если инициализировать параметры сети методом K-усреднений, то точность прогноза значительно возрастает, особенно для серебра (погрешность около 0,004). Данный факт связан с тем, что цены на серебро наиболее стабильны, график динамики цен имеет наименьшее среди представленных металлов количество пиков, резких скачков практически не наблюдается, а это значит, что потребуется меньше нейронов в скрытом слое. Отсюда следует сокращение времени обучения сети, упрощение расчетов, а также сеть наиболее точно «предугадает» будущие значения цен.

Планируется дальнейшее изучение прогнозирующих способностей сети Ванга-Менделя, направленных на уменьшение погрешности прогнозирования цен других металлов, с использованием других алгоритмов обучения и попыткой гибридизации данной сети путем добавления дополнительных слоев, например, содержащих нейроны типа WTA.

Литература

1. Искусственная нейронная сеть [Электронный ресурс]. – http://ru.wikipedia.org/wiki/Искусственная_нейронная_сеть (дата обращения 07.05.2014 г.).

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.

О.П. Солдатова, П.Д. Чайка

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ ГИБРИДНОЙ СЕТЬЮ КОХОНЕНА

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

В настоящее время использование нейронных сетей для решения задачи классификации становится обычной практикой. Различают множество видов архитектур нейронных сетей. В настоящее время наиболее часто используемой архитектурой нейросети является многослойный персептрон (MLP). Многослойные персептроны успешно применяются для решения разнообразных сложных задач. При этом обучение с учителем выполняется с помощью такого популярного алгоритма, как алгоритм обратного распространения ошибки.

В качестве отдельного большого класса нейронных сетей выделяют сети с самоорганизацией на основе конкуренции. Основу самоорганизации нейронных сетей составляет активация нейронов в ответ на поданный входной вектор, в результате чего активным оказывается один нейрон в сети (или в группе). Выходной нейрон, который выиграл соревнование, называется нейроном-победителем. Наиболее популярной моделью сети с самоорганизацией является карта Кохонена. В ней нейроны помещаются в узлах решетки, обычно одно- или двумерной.

Главная особенность сети с самоорганизацией – это очень высокая скорость обучения по сравнению с сетями, тренируемыми с учителем. Их недостатком считается сложность отображения пар обучающих данных *(x, d),* поскольку сеть с самоорганизацией, выполняющая обработку только входного вектора *x*, не обладает свойствами хорошего аппроксиматора, присущими многослойному персептрону.

Очень хорошие результаты удалось получить при объединении самоорганизующегося слоя и персептронной сети, что позволяет совместить способности сети Кохонена к локализации и возможности аппроксимации, свойственные многослойному персептрону [1]. Подобная структура, называемая гибридной сетью Кохонена, изображена на рисунке 1. Она представляет собой каскадное подключение слоя Кохонена к персептронной сети. Самоорганизующийся слой улавливает значимые признаки процесса (локализует их на основе входных данных *x*), после чего им приписывается входной вектор в персептронном слое. Обучение гибридной сети состоит из двух отдельных этапов, следующих друг за другом. Сначала на множестве входных векторов *x* обучается слой Кохонена. В результате нейроны этого слоя организуются таким образом, что векторы их весов наилучшим образом отображают распределение данных обучающих векторов *x*. Обучение слоя Кохонена происходит по алгоритмам WTAили WTM [1].

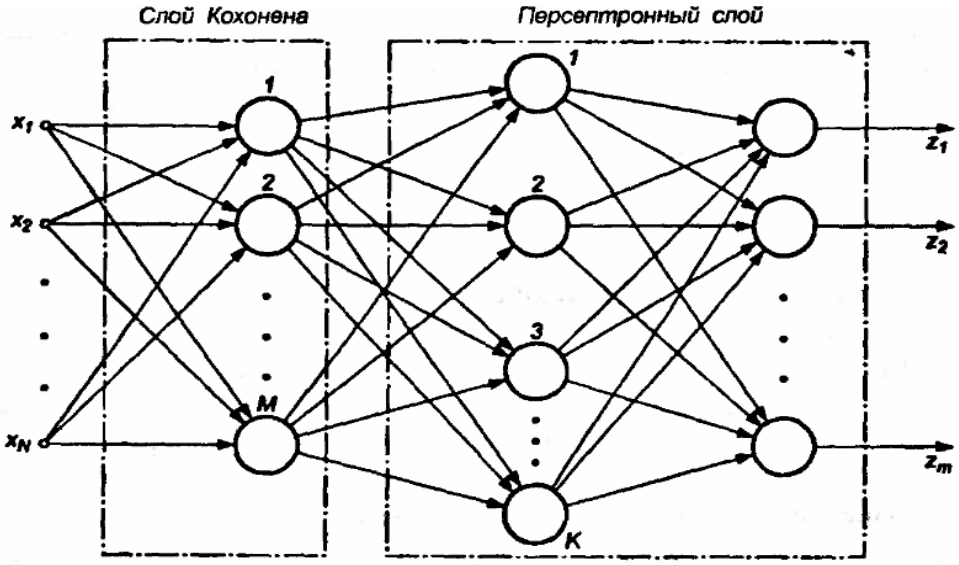


Рис. 1. Структура гибридной сети Кохонена

Обучающими сигналами для нее является множество пар (z_i, d_i), где z_i-это вектор, составленный из выходных сигналов нейронов слоя Кохонена, а d_i– вектор, ожидаемых значений оригинального отображения (x_i, d_i). Сеть обучается по методу обратного распространения ошибки. Если принять во внимание то, что каждому вектору x соответствует конкретный нейрон-победитель, то можно осуществить предварительную инициализацию весов персептронного слоя таким образом, что значения весов, соединяющих нейрон-победитель с выходными нейронами гибридной сети, будут усредняться по тем векторам d, на которых были одержаны победы. При такой предварительной инициализации весов, обучение персептронного слоя сводится к незначительной корректировке их значений, отражающей влияние проигравших нейронов слоя Кохонена на окончательный результат. Эта корректировка, как правило, требует небольшого количества итераций и ведет к достижению глобального минимума функции погрешности [2].

Однако острой остаётся проблема оптимизации архитектуры сети. Несмотря на хорошие результаты, гибридная сеть содержит большее число нейронов и весов, чем аналогичная сеть Кохонена и многослойный персептрон, что сказывается на времени обучения и объеме занимаемой памяти.

Поэтому авторами было выдвинуто предложение для уменьшения числа связей в гибридной сети Кохонена, путем объединения нейронов в слое Кохонена в группы. Такая сеть получила название распределенная гибридная сеть Кохонена. Ее структура представлена на рисунке 2.

В данной сети производится разделение обучающих данных на классы и в слое Кохонена создаётся своя группа нейронов для каждого отдельного класса. Затем каждая группу обучается только на своём классе при помощи алгоритмов WTA или WTM. После обучения слоя Кохонена обучается персептронная часть сети при помощи алгоритма обратного распространения ошибки. В качестве входного вектора для персептронного слоя используются не значения сигналов

от каждого нейрона слоя Кохонена, а усредненные значения выходных сигналов каждой группы нейронов.

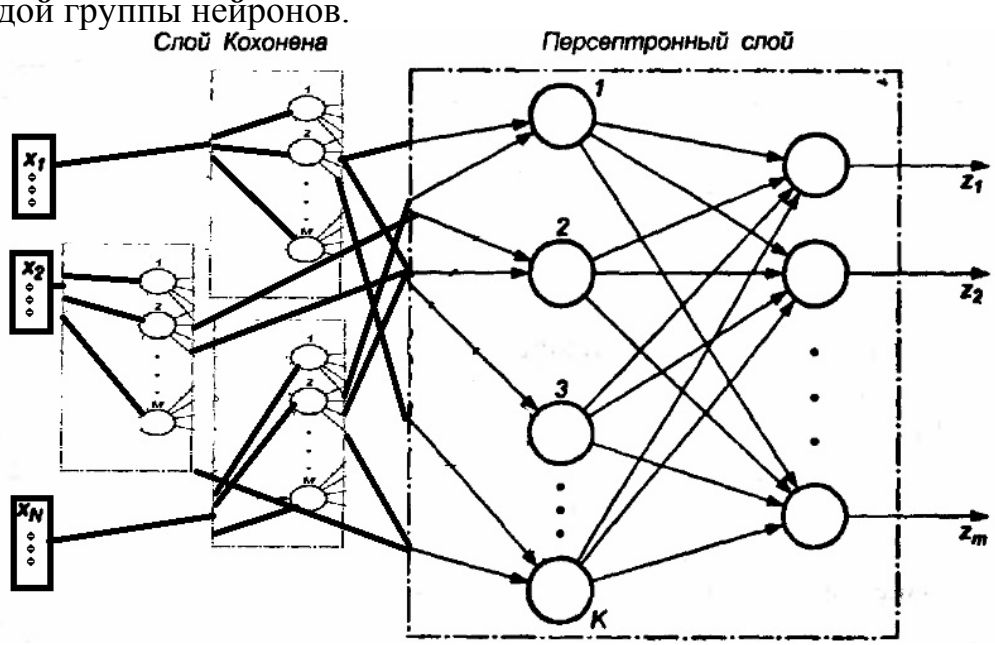


Рис. 2. Структура распределенной гибридной сети Кохонена

Так как каждая группа нейронов настроена только на свой класс, то в случае непересекающихся классов входных данных, в результате самоорганизации определяется не нейрон-победитель, а группа нейронов-победителей. Таким образом, количество групп нейронов равно числу классов, вследствие чего существенно уменьшается количество связей в сети, а значит, уменьшается количество операций на каждом шаге итерации. В данном случае вместо самоорганизации на уровне входных данных реализуется самоорганизация на уровне классов входных данных.

Данное действие не является эффективным в случае обычной карты Кохонена, так как неизвестно предварительное разбиение входных данных на классы. В случае гибридной карты это предварительное разбиение данных существует, поэтому его можно использовать для оптимизации структуры сети.

Однако пользователь может заранее не знать точного количества обучающих выборок для каждого класса. Поэтому для генерации структуры сети авторами вводится понятие так называемого коэффициента уменьшения. При использовании обычной карты Кохонена можно заметить, что минимально число нейронов, необходимое для эффективной работы сети равно количеству классов входных данных (по одному нейрону на класс). Меньшее количество нейронов приведет к отсутствию навыков распознавания некоторых классов входных данных. Максимальное количество нейронов будет равно количеству обучающих примеров (по нейрону на каждый пример). Большее количество нейронов приведет к неизбежному появлению мертвых нейронов. Поэтому оптимальное количество нейронов, необходимое для эффективного решения задачи классификации, лежит внутри этих границ. Для этих целей и вводится коэффициент уменьшения $a(0<=a<=1)$, при котором количество нейронов в каж-

дой группе $N_i=a*D_i$, где D_i количество обучающих примеров принадлежащих данному классу.

В качестве обучающих данных использовались четыре выборки с репозитория UCI– ирисы Фишера, классификация вин, заболевания печени и кредитный индекс Германии [3]. В таблице 1 показан процент неверно распознанных тестовых векторов в зависимости от структуры обычной гибридной сети Кохонена. В таблице 2 представлены аналогичные данные для распределенной гибридной сети Кохонена.

Таблица 1. Процент неверно распознанных векторов в зависимости от структуры обычной гибридной сети Кохонена

Количество нейронов в слое Кохонена	Количество весов	Название обучающей выборки	Процент ошибки классификации, %
100	615	Ирисы Фишера	0
144	879	Классификация вин	7.1
256	1546	Заболевания печени	10.2
400	2147	Кредитный индекс Германии	21.4

Таблица 2. Процент неверно распознанных векторов в зависимости от структуры распределенной гибридной сети Кохонена

Количество нейронов в слое Кохонена	Количество весов	Название обучающей выборки	Процент ошибки классификации, %
27	57	Ирисы Фишера	0.0
41	71	Классификация вин	5.4
181	251	Заболевания печени	8.3
231	384	Кредитный индекс Германии	15.7

Можно сделать вывод, что распределенная гибридная сеть Кохонена имеет более адекватную структуру для решения данных задач, чем обычная гибридная сеть Кохонена, при аналогичных погрешностях классификации. Это позволяет уменьшить количество операций, выполняемых за одну итерацию, время обучения и объем занимаемой памяти.

Литература

1. Осовский С., Нейронные сети для обработки информации [Текст] / С. Осовский, пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344с.

2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. [Текст] / С. Хайкин, пер. с англ. – М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.

3. Bache K., Lichman M. UCI Machine Learning Repository [available at: http://archive.ics.uci.edu/ml]. Irvine, CA: University of California, School of Information and Computer Science, 2013.

М.А. Тагиров, В.В. Мокшин

РАЗРАБОТКА ОБУЧАЕМОЙ И ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЛЫМ ПРОСТРАНСТВОМ «УМНЫЙ ДОМ»

(Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева)

Начиная с 70-х годов прошлого столетия, всё шире распространяется система «Умный дом» - система по автоматизации жилого пространства. На сегодняшний день функционал таких систем предоставляет большое число весьма удобных возможностей по управлению жилыми коммуникациями (свет, отопление, мультимедиа, защита от протечек, безопасность и т.д.). Для того, чтобы система вела себя максимально комфортно для пользователя и была наиболее эффективной необходимо, чтобы система могла самообучаться. Анализ и изучение жизнедеятельности пользователя с дальнейшей корректировкой определенных параметров позволит системе подстроиться под наиболее актуальные потребности пользователя.

Еще одной актуальной проблемой является то, что в мире тратится огромное количество энергии на промышленные, бытовые и транспортные нужды, из-за чего очень остро стоит проблема энергосбережения и энергоэффективности. В России по объёмам энергопотребления в стране первое место занимает обрабатывающая промышленность, на втором месте — жилищный сектор, около 25% у каждого. Исходя из этого можно говорить об актуальности создания энергоэффективной автоматизированной системы «Умного дома».

Основная цель данной работы – создание автоматизированной системы «Умный дом», способной обучаться и подстраиваться под жизнедеятельность пользователя, которая будет осуществлять энергоэффективное управление жилым пространством и иметь достаточно удобный пользовательский интерфейс. В данной системе будут автоматизированы управление светом и отоплением.

Одной из проблем в существующих системах «Умного дома», с которой сталкиваются пользователи – это единый пульт дистанционного управления, который постоянно нужно носить с собой, и который периодически теряется. Такой пульт может стоить от 10 000 до 250 000 р., что делает потерю такого пульта, или приход его в негодность, весьма существенной для пользователя.

Хорошим аналогом для такого пульта является речевой интерфейс взаимодействия с пользователем. Пользователю надо будет всего только определенную команду вслух, чтобы система выполнила её. Пользователь может пользоваться как стандартной управляющей командой, так и сам создать удобную ему команду или макрокоманду. Макрокоманда – это команда, которая запускает совокупность управляющих команд. Для отделения речевых команд от повседневной речи целесообразно использовать определенное кодовое слово,

редкое в повседневном обращении, после которого система будет воспринимать речевую команду.

Для распознания речевой команды необходимо использовать один из анализаторов речевых команд, таких как CMU Sphinx или Julius. Удобство использования этих проектов заключается в наличии API, необходимого для разработки и создание своего собственного словаря. За счет того, что количество стандартных команд ограничено, достигается высокий процент точности распознания конкретной команды.

После получения и распознавания речевой команды, система должна распознать зону, из которой поступила команда, проверить возможность выполнения данной команды и, если она выполнима, послать управляющий сигнал на соответствующее устройство. Зона автоматизации – это достаточно крупный по размеру объем помещений, для которого имеет смысл осуществлять централизованное управление процессами и системами.

Когда система получает адрес зоны автоматизации, то по этому адресу определяется управляющее устройство, которое должно выполнить полученную команду. После этого должен быть сформирован управляющий сигнал на определенное устройство (реле). Для формирования и доведения управляющего сигнала необходимо использовать технологии и устройства ввода/вывода (контроллер, GPIO, Z-Wave).

Основными задачами в обучении системы являются получение информации с последующей её систематизацией. В результате систематизации формируется база знаний, отражающая важные для системы факторы жизнедеятельности пользователя, на основе которой будут приниматься решения и формироваться параметры для выполнения команды. Методом приобретения знаний в данной системе является приобретение знаний из примеров.

Сбор информации происходит каждый раз, при получении команды от пользователя. Необходимой информацией будут являться параметры команды, такие как вид команды, зона выполнения команды, время вызова команды, температура, процент освещения и т.д.

Систематизация информации проводится с помощью статистических методов, целью которых является выделить наиболее общие и постоянные черты в управлении пользователем системой. На основе этих выводов будут скорректированы параметры выполнения команды, например, если при включении освещения пользователь постоянно корректирует процент освещенности до 80%, то система автоматически ставит 80% освещения как значение по умолчанию при включении освещения. Также проводится анализ на выявление систематических действий пользователя. На основе данного анализа формируется предложение для пользователя сделать эту команду автоматической в данное время. Например, система выявила, что пользователь по будням включает тёплые полы в 18.30, на основе чего можно сделать вывод, что в это время он возвращается с работы, формируется предложение – каждый будний день включать тёплые полы в 18.30 или в 18.00, чтобы к приезду пользователя пол успел нагреть-

ся. После подтверждения пользователем предложения вносится очередная задача на автоматическое выполнение.

Энергоэффективность управления в данной системе может быть осуществлена путём введения автоматических элементов.

Энергоэффективность освещения может быть увеличена за счет управления светом через датчики присутствия в помещениях, пребывание в которых непродолжительно, например коридор или кладовка. Эта автоматическая часть системы позволяет выключить человека из принятия решения о включении/выключении света, тем самым исключив человеческий фактор, например если человек забыл выключить свет в кладовке.

Энергоэффективность в управлении отоплением можно повысить путем предоставления пользователю создать свой график пребывания дома. Иначе говоря, пользователь может задать временные промежутки для каждого дня, в которые он будет находиться дома. Зная этот график, система может автоматически регулировать температуру, когда пользователь находится дома и экономить энергию в его отсутствие.

Достичь экономии энергии позволит использование современных технологий коммутации, таких как системная шина управления и мониторинга. Данные по экономии энергии приведены на рис.1.

Рис. 1

Эффективность и эргономичность такой системы достаточно высока за счет использования речевого пользовательского интерфейса, а обучаемость данной системы позволит увеличить комфорт жизнедеятельности.

Реализация данной системы позволит осуществлять энергетически эффективное и эргономичное управление жилым пространством, сделать более доступной возможность автоматизации жилого дома или квартиры.

Литература

1. Генцлер И.В., Петрова Е.Ф., Сиваев С.Б. Энергосбережение в многоквартирном доме. — Тверь: Научная книга, 2009. — 130 с. — ISBN 978-5-904380-08-9

2. http://www.knx.org

А.В. Федосов

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ МАЛЫМИ МУНИЦИПАЛЬНЫМИ ОБРАЗОВАНИЯМИ

(Тольяттинская академия управления)

В настоящее время существует ряд проблем по эффективной организации управления малыми муниципальными образованиями (МО). Руководители малых МО в принятии решений по управлению не видят внешних акторов за пределами границ своего муниципального образования и не учитывают внутренних акторов (их интересы, проекты, ресурсы) в пределах своего МО. Администрация малых МО работает по отраслевому принципу (т.е. выполняет программы и приказы, спущенные сверху). Структурное подразделение администрации не видит то, что делает другое структурное подразделение. Структурные подразделения, организованные по отраслевому принципу могут исполнять программы, которые противоречат, либо не соответствуют задаваемым стратегическим векторам и приоритетам развития муниципального образования;

Данный формат деятельности администрации создает невозможным проявление инициативы «снизу», чего ожидают федеральные и региональные власти, а соответственно является главным ограничением в конкуренции за кадровые, финансовые и технологические ресурсы (которые и позволяют осуществить качественное развитие малого МО).

Для решения этой проблемы предлагается организовать обратную связь со стороны жителей МО, которые обладают достоверной информацией о результатах решения реальных проблем МО. Получая эту информацию в контексте выполнения конкретных проектов и программ, сотрудники структурных подразделений смогут координировать свои решения и тем самым нивелировать недостаток взаимодействия, связанный с отраслевой ориентацией.

Для реализации такого решения предлагается разработать автоматизированную интеллектуальную систему поддержки принятия и реализации решений добиться результатов в части конкуренции за кадры, финансы и технологии у муниципального образования. Концепция предлагаемого решения приведена на рис. 1. Результаты работы включают долгосрочный системный эффект по следующим показателям:

- приток (сохранение, либо сокращение) необходимого кадрового состава для обеспечения стратегических приоритетов, совместных программ и проектов на территории,
- приток целевых инвестиций согласно приоритетам и проектам развития МО;
- привлечение необходимых (и отсутствующих на территории) технологий для приоритетных типов деятельности, а также (при необходимости) привлечении технологий, производящих требуемые технологии (т.е. размещение центра компетенций по определенным технологиям на территории).

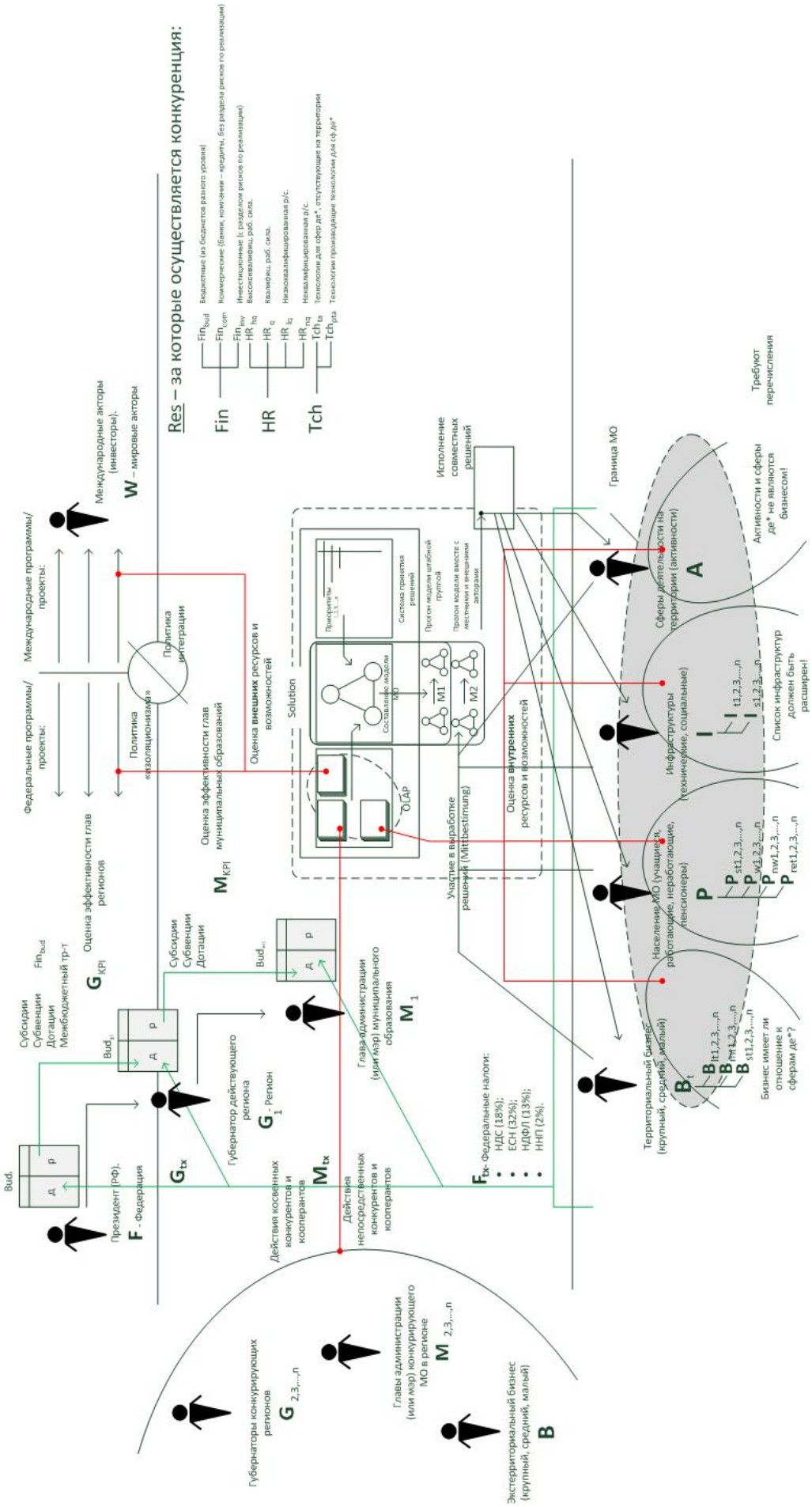


Рис. 1. Концепция предлагаемого решения

Е.И. Чигарина

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА УЧЕТА И КОНТРОЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ЗАДАНИЯ ПО СВЕРТКЕ ЦЕПОЧЕК В ГРАММАТИКАХ ПРЕДШЕСТВОВАНИЯ

(Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет))

Основы теории компиляции, изучаемые в различных курсах, таких как «Теория формальных языков и грамматик», «Основы теории трансляции», «Теория автоматов и формальных языков», рассматривают методы и алгоритмы, которые важны не только в компиляции, но и являются частью общей культуры программирования и искусственного интеллекта. Одним из наиболее эффективных методов синтаксического анализа контекстно-свободных языков является метод восходящего анализа, основанный на свертке цепочек, использующий отношения предшествования. Среди грамматик простого предшествования наиболее известны грамматики предшествования Вирта и Флойда. При изучении грамматик простого предшествования студентам предлагается выполнить индивидуальное задание по свертке цепочек. До настоящего времени это задание выполнялось без привлечения компьютера. Особенность контроля выполнения задания преподавателем заключалась в необходимости проверки нескольких отдельных этапов, таких как построение множества левых и правых символов для каждого нетерминала грамматики, построение матрицы предшествования, анализ грамматики, собственно свертки цепочки. Ошибки на каждом из отдельных этапов приводили к необходимости повторного исправления и контроля выполнения исправленного варианта. По завершении работы студент оформлял отчет по индивидуальному заданию в бумажном виде.

Разработанная автоматизированная информационная система позволяет преподавателю вести учет и контроль выполнения задания по грамматикам предшествования студентами в сетевом компьютерном классе. Система реализует разграничение прав доступа. Пользователями системы являются преподаватель, администратор и студент. Преподаватель может в сетевом варианте контролировать выполнения студентами отдельных этапов, видеть возникающие ошибки, выводить отчеты о должниках и студентах, успешно завершивших задание. Администратором является обычно пользователь, ответственный за компьютерный класс, который присваивает студентам и преподавателю пароли для входа в систему. Студент может в удобной форме выполнить все этапы индивидуального задания, причем переход к следующему этапу возможен только при верном выполнении предыдущих этапов. По завершении выполнения задания система позволяет автоматически сгенерировать и распечатать отчет, что ускоряет работу над заданием и студенту. Система связана с базой данных, включающей сведения о студентах, о этапах выполнения задания, о возможных ошибках на каждом из этапах, что помогает преподавателю опреде-

лить степень усвоения отдельных разделов студентами. В системе разработаны и реализованы алгоритмы, соответствующие отдельным этапам метода свертки цепочек. Для каждого из этих этапов предусмотрена удобная визуализация процессов. При вводе грамматики выполняется одновременный контроль правильности введенных студентом правил вывода с подсказкой о направлении корректировки введенных правил. Множество левых и правых символов заносится в таблицу, для чего студенту предоставлен определенный сервис. Матрица предшествования определяется заданием символов, между которыми определяются отношения предшествования, и вводом одного из трех возможных отношений предшествования, которые студент должен ввести в соответствии с методом, при этом система не исправляет, но указывает на неверно построенную матрицу предшествования. Алгоритм свертки цепочек также визуализирован и для студента разработан сервис, позволяющий определять и вводить отношения предшествования, а также выполнять замену основы для свертки на выбранную левую часть правила вывода.

Таким образом, разработанная автоматизированная информационная системы способствует повышению качества контроля и учета выполнения задания по свертке цепочек в грамматиках простого предшествования при изучении курсов, связанных с теорией компиляции.

Литература

1. Чигарина Е.И., Шамашов М.А. Теория конечных автоматов и формальных языков: учебное пособие. – Самара: изд-во Самар.гос.аэрокосм. ун-та, 2007. 96 с.

2. Основы теории формальных грамматик: Учебное пособие/ Е.И. Чигарина, М.А. Шамашов. Самарск. гос. аэрокосм.ун-т. Самара, 2001, 118 с.

Е.И. Чигарина, В.В. Жаворонкова

ИЗМЕНЕНИЕ ЭРГОНОМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИХ ВЛИЯНИЯ НА ПСИХОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ

(Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет))

Не всегда интерфейсу рабочего окружения уделяется должное внимание, многие офисные работники пренебрегают его надлежащей настройкой. Одной из задач эргономики является приспособление компьютерных программ для наиболее эффективного труда работника, исходя из физических и психических особенностей человеческого организма. От легкости восприятия информации, простоты управления, а также таких «побочных» факторов, как визуальное оформление интерфейса, зависят многие важные показатели, такие как сохранение концентрации внимания, эмоциональное состояние и общее настроение

сотрудника в течение рабочего дня. От качества разработанного интерфейса зависит результат – можно как сократить, так и увеличить количество совершаемых ошибок и в целом контролировать коэффициент полезного действия трудовой деятельности. В долговременной же перспективе, общая утомляемость на работе, зрительная нагрузка, да и средняя эффективность деятельности – оказывают существенное влияние на здоровье и карьеру. Поэтому влияние различных особенностей хотелось бы изучить на практике.

Для исследования влияния эргономических характеристик автоматизированных систем на психологическое состояние пользователя была разработана автоматизированная система «АИС Тест», которая позволяет выполнять оценку психологического состояния пользователя до и после работы с автоматизированной системой, эргономические характеристики которой будут изучаться. Изменение эргономических характеристик проводится на разработанной автоматизированной системе «Приватизация нежилого фонда». При работе с автоматизированной системой пользователи могут:

- получать информацию по налогам для всех частных лиц и организаций, купивших здания в указанный период;
- формировать отчет по категориям стоимости с итоговыми суммами выплат организаторам и налогов для конкретного аукциона;
- просматривать отчет о покупателях, получивших нежилой фонд по некоторому району города и общую сумму приватизированного фонда района;
- просматривать адреса всех покупателей участвующих в выбранном аукционе.

При проектировании автоматизированной системой «Приватизация нежилого фонда» были разработаны несколько видов интерфейсов, отличающихся цветовыми решениями, способами предоставления справочной информации, способами обработки ошибочных ситуаций и т.п.

Первые результаты исследования показали, что для пользователя наиболее благоприятным является использование пастельных тонов в интерфейсе. При использовании ярких или темных цветов наблюдается снижение активности и настроения. Также на настроение пользователей влияет количество используемых цветов. Чрезмерное разнообразие цветов и шрифтов текста может отвлекать пользователя от выполняемых им задач.

В автоматизированной системе «Приватизация нежилого фонда» предусмотрены несколько вариантов реакции системы на некорректные действия пользователя такие, как оставление незаполненных полей, ввод неправильных значений. В одном случае пользователю сообщается об ошибке с помощью всплывающего окна с кратким текстом ошибки, в другом случае – помимо ошибки, предоставляется информация о том, как исправить ошибку.

В следующем варианте интерфейса рядом с каждым полем расположена кнопка для вызова контекстной справки. При возникновении ошибки она будет выделена цветом.

Результаты исследования показывают, что большинство пользователей предпочитает наличие ненавязчивых подсказок, выполненных с помощью исче-

зающего текста в самом поле ввода, либо подсказки, вызываемые с помощью кнопки, расположенной рядом с полем.

Также рассматриваются варианты реакции системы на удаление строк пользователем, в одном случае возникает уведомление, с просьбой подтвердить операцию удаления, в другом – удаление сразу же выполняется, без возможности отмены, и в третьем – существует возможность отменить удаление.

В следующих вариантах интерфейса предлагаются разные способы предоставления справочной информации:

– базовая справка, которая объясняет пользователю сущность и назначение системы;
– обзорная справка рассказывает пользователю о функциях системы;
– контекстная справка отвечает на вопросы «Что это делает?» и «Зачем это нужно?».

На основе первых результатов, можно сделать вывод о том, что обзорная и контекстная справки привлекают больше внимание пользователя, нежели базовая, знания о полном название и назначение автоматизированной системы, не облегчает работу с самой системой.

Автоматизированная система «АИС Тест» включает в себя тест для оценки восприятие пользователем различных видов интерфейса, который реализован на основе опросника «Самочувствие Активность Настроение» («САН»). Для оценки влияния эргономических характеристик автоматизированной системы «Приватизация нежилого фонда» на пользователя тестирование проводится как до начала работы, так и после окончания работы с исследуемой системой.

Сущность оценивания заключается в том, что испытуемых просят соотнести свое состояние с рядом признаков по многоступенчатой шкале. Шкала эта состоит из индексов (3 2 1 0 1 2 3) и расположена между тридцатью парами слов противоположного значения, отражающих подвижность, скорость и темп протекания функций (активность), силу, здоровье, утомление (самочувствие), а также характеристики эмоционального состояния (настроение). Испытуемый должен выбрать и отметить цифру, наиболее точно отражающую его состояние в момент обследования. Достоинством методики является возможность неоднократного использования теста с одним и тем же испытуемым.

При обработке эти цифры перекодируются следующим образом: индекс 3, соответствующий неудовлетворительному самочувствию, низкой активности и плохому настроению, принимается за 1 балл; а индекс 3 с противоположной стороны шкалы принимается за 7 баллов.

Итак, положительные состояния всегда получают высокие баллы, а отрицательные низкие. По этим "приведенным" баллам и рассчитывается среднее арифметическое как в целом, так и отдельно по активности, самочувствию и настроению.

При анализе функционального состояния важны не только значения отдельных его показателей, но и их соотношение. У отдохнувшего человека

оценки всех трех параметров примерно равны. А по мере нарастания усталости соотношение между ними изменяется за счет относительного снижения самочувствия и активности по сравнению с настроением.

При дальнейшем исследовании будет произведен анализ результатов в зависимости от категорий пользователей – в зависимости от пола, возраста, уровня компьютерной грамотности и опыта работы в профессиональной области.

Литература

1. Алимбеков, А.Л. Разработка пользовательского интерфейса и количественная оценка его качества. Лабораторный практикум по дисциплине «Интерфейсы пользователя». /П.С. Котенко, А.Л. Алимбеков. Уфа, ГОУ ВПО УГАТУ, 2006. 55 с.

2. Опросник «Самочувствие, активность, настроение» [Электронный ресурс]: Энциклопедия психодиагностики. – Режим доступа: http://psylab.info/

В.Л. Юмашев

МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРАТЕГИЙ РИЕЛТОРА В МНОГОАКТОРНОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

В современной экономике часто встречаются системы, когда на одной экономической площадке взаимодействует множество независимых субъектов – акторов. Над такой многоакторной средой [1] может присутствовать регулирующий центральный аппарат, определяющий «правила игры», но не воздействующий на субъекты напрямую. Одним из примеров такой площадки является рынок недвижимости, где в качестве субъектов выступают риелторы, продающие и покупающие объекты недвижимости. В роли центрального аппарата выступают регулирующие, контролирующие и фискальные органы. «Правилами игры» являются разного рода законы и подзаконные акты, налоги. Прямое – императивное – управление субъектами в многоакторной среде невозможно из-за сложности самих акторов, из независимости и большого числа.

Одним из возможных методов управления в многоакторной среде является кондициальное управление [2] – управление обстоятельствами. На одном уровне идея кондициального управления состоит в том, что один из двух взаимодействующих акторов создает другому условия (обстоятельства) таким образом, чтобы простимулировать последнего действовать в интересах первого. На другом – управляющий центр может создавать акторам обстоятельства, чтобы они действовали в интересах центра.

Для исследования методов кондициального управления строится модель рынка недвижимости, которая анализируется методами имитационного моделирования. В модели присутствуют акторы-продавцы и акторы-покупатели.

Для первоначального исследования в модель не включается управляющий центр.

На рынке в произвольный момент времени появляются объекты недвижимости, которые их владельцы хотят продать и обращаются для этого к акторам-продавцам. Акторы-покупатели выступают от имени реальных покупателей. В терминах модели объекты недвижимости будут называться информационными объектами (ИО). Каждый ИО обладает рядом характеристик, в той или иной степении представляющих интерес для акторов-покупателей. ИО поступают акторам-продавцам. Акторы-продавцы в свою по какому-то плану предъявляют ИО акторам-покупателям. Акторы-покупатели в свою очередь предъявляют к характеристикам ИО определенные требования. Для интегральной оценки соответствия ИО требованиям вводится понятие релевантности, обозначаемой R. Чем выше релевантность, чем выше интерес покупателя к ИО и тем выше вероятность покупки. В случае покупки ИО переходит от актора-продавца к актору-покупателю и выводится из модели, что соответствует уходу купленного объекта недвижимости с рынка. Актор-продавец может предложить актору-покупателю ИО не по одному, а группами, которые в терминах модели называются представлениями. Состав представлений и время предъявления представлений выбирается актором-продавцом по определенной стратегии.

При взаимодействии с покупателем продавец может придерживаться различных линий поведения, среди которых можно выделить "жадного", "активного" и "разумного". "Жадный" старается максимизировать свою выгоду от каждой сделки; для чего находит для каждого покупателя наилучший вариант, который при этом является максимальным по цене. Такой продавец продает мало ИО, но все предъявленные у него покупают. "Активный" старается продать все имеющиеся объекты, предлагая покупателю разные объекты с разным уровнем релевантности и цены, что позволяет ему предъявлять в единицу времени больше объектов, но при этом удовлетворенность покупателей меньше, чем у "жадного". "Разумный" работает с учётом принципов кондициального управления. Он руководствуется определенным планом предоставления доступа к информации об ИО, в котором в рамках существующего выбранного объема решений покупатель выбирает те объекты, которые максимально соответствуют его интересам; в этом случае удовлетворенность покупателей будет выше, чем удовлетворенность покупателей "активного" продавца, но ниже, чем "жадного", однако объектов будет продано больше. Ставится задача показать, что наиболее выгодным является линия поведения "разумного" актора-продавца.

С целью подтверждения последнего тезиса была проведена серия экспериментов, чтобы показать, каким образом управление обстоятельствами помогает улучшать показатели продаж, а так же, чтобы выяснить, какой тип риелтора-продавца наиболее успешен. Исследование проводится методами имитационного моделирования с использованием системы AnyLogic.

В первую очередь для исследования создается модель первого типа, состоящая из трех типов продавцов (по *n* каждого типа) и *3n* покупателей и генератора ИО. Генератор ИО имитирует поступление на продажу акторам объек-

тов недвижимости: создает объект и передает его случайно выбранному актору-продавцу. У информационных объектов задаются отдельные характеристики в виде множества значений отдельных параметров

$$T_k = \{\tau_{i,\,k}\},\ i=1\ldots n$$

и цена C_k. В качестве параметров выступают потребительские характеристики: этаж объекта, этажность дома, параметры санузла, развитость инфраструктуры в районе, близость транспортных путей, удобство парковки, престижность района и т.п.

Актор-продавец продает объекты с какой-то наценкой, то есть $(C_k+X\%)$. Акторы-покупатели обращаются к произвольным акторам-продавцам с запросом на покупку ИО, предъявляя требования к характеристикам ИО и его стоимости C_m. Требования к ИО задаются так же множеством желаемых параметров T_m. Релевантность R_{km} ИО и запросов покупателя рассчитывается на основании множества требования к параметрам и множества значений параметров самого ИО и принимает значение от 0 (ни один параметр не удовлетворяет запросу) до 1 (все параметры удовлетворяют запросу). Решение о покупке имеет вероятностный характер и принимается на основании релевантности R, а также соответствия цены ИО с наценкой продавца желаемой покупателем цены:

$$P_{buy} = f\,(R_{km}(T_k,\ T_m),\ C_k)$$

Покупатели в модели первого типа проявляют стабильный интерес к ИО, независимо от количества раз, которое он был предъявлен, и от времени. Из акторов-продавцов "активный" тип предлагает покупателю ИО с произвольными характеристиками и ценой не выше запрошенной покупателем. "Жадный" актор-продавец на каждый запрос от покупателя отбирает самый дорогой ИО (чтобы обеспечить себе максимальную прибыль) ценой не выше запрошенной с максимальной релевантностью не ниже определенного в модели порога, то есть с удовлетворением всех условий:

$$(C_k+X\%) \le C_m \text{ и } R_{km}(T_k,\ T_m) \ge R_{lim} \text{ и } R_{km}(T_k,\ T_m) \to max$$

где $(C_k+X\%)$ – цена объекта с наценкой продавца, C_m – требования к цене ИО со стороны покупателя, $R_{km}(T_k,\ T_m)$ – релевантность между параметрами ИО и требованиями к нему со стороны продавца, R_{lim} – нижний порог релевантности, которым руководствуется "жадный" продавец. Если среди ИО на продажу у "жадного" актора-продавца не нашлось требуемого по характеристиками и цене, то он отказывае покупателю: не найдено ИО под требования.

"Разумный" актор-продавец не ограничивает снизу требования к ИО каким-то лимитом и выбирает из множества объектов на продажу наиболее дорогой, но не выше требований покупателя, и наиболее релевантный:

$$(C_k+X\%) \le C_m \text{ и } R_{km}(T_k,\ T_m) \to max,$$

то есть разница между "разумным" и "жадным" в отсутствии нижнего лимита релевантности у "разумного". Модель запускается на анализ и рассчитывается суммарная и средняя прибыль всех продавцов обоих типов – три величины – в течение времени. Пример результата прогона приведен на графике, где по вертикали – суммарная прибыль трех типов акторов-продавцов, по горизнонтали – условное модельное время. На графике хорошо видно, что у "жадных" и "ак-

тивных" продавцов результаты примерно одинаковые, а "разумные" наиболее прибыльны.

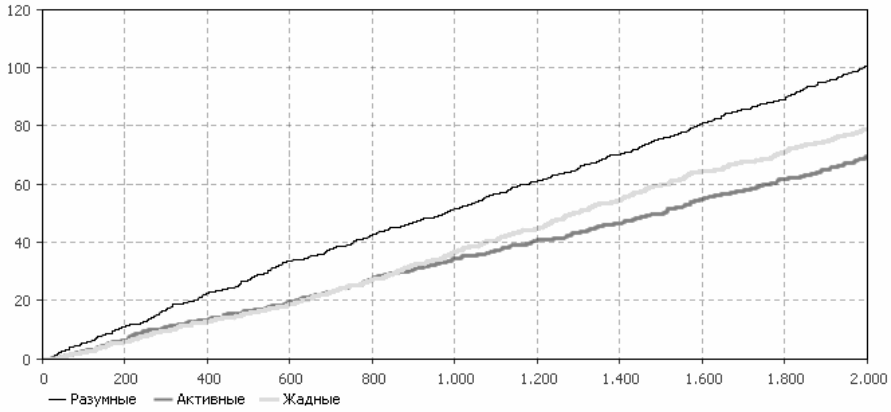


Рис. 1

Для приближения модели к реальности требуется ее дальнейшее развитие. В модели второго типа вносятся следующие дополнительные условия и поправки относительно модели первого типа:

– Пороговое отношение покупателя к цене предъявленного ИО заменяется на вероятностное. То есть, если цена предъявленного ИО выше запрошенной, то это не означает немедленный отказ от покупки, а снижение вероятности. И наоборот, чем ниже цена предъявленного ИО, тем выше вероятность покупки. При этом вводится нижний и верхний лимит цены предъявленного ИО, чтобы смоделировать ситуацию отказа из-за "чрезмерно дорого" или "подозрительно дешево".
– "Разумный" актор-продавец знаком с моделью поведения покупателя и имеет возможность варьировать наценкой на продаваемый ИО. При каждом запросе от покупателя решается задача нахождения оптимального по совокупности параметров и цены ИО, который и предъявляется.

В модели третьего типа будут реализованы принципы кондициального управления, когда при взаимодействии с покупателем продавец может создавать дополнительные условия (обстоятельства), влияющие на принятие решения покупателем. Например, покупателю могут быть предъявлены несколько ИО с недостатками или просто недостаточно подходящие под требования, и вместе с ними в том же представлении могут быть предъявлены ИО, подходящие по релевантности. В этом случае подходящие ИО смотрятся более выгодно для покупателя, чем в случае их предъявления в составе схожих по характеристикам. Кроме того, при предъявлении нескольких схожих и подходящих ИО продавец может получить со стороны покупателя эффект неопределенности и как следствие затруднения в принятии покупателем решения о покупке – уменьшение вероятности покупки. Другое обстоятельство, которое может быть использовано продавцом, - конкуренция покупателей. В этом случае интерес к ИО искусственно повышается, если покупатель видит интерес к этому же ИО со стороны других покупателей. Это реализуется сообщению покупателю не только информации об объекте, но и информации о том кому еще сделано предложение. Помимо указанных обстоятельств, продавец может варьировать

временными параметрами: временем предъявления, повторными вхождениями ИО в разные представления, интервалом между повторными предъявлениями ИО и др.

Таким образом, в развитии модели будут присутствовать управляемые актором-продавцом обстоятельства "временного" типа (повторное предъявление одного и того же ИО) и "пространственного" (управление составом представлений, привлечение внимание к наиболее подходящим ИО на фоне неподходящих, конкуренция), что приблизит модель к реальности и позволит точнее исследовать описанную информационную среду.

Литература

1. Иващенко А.В. Управление взаимодействием персонала предприятия в многоакторной интегрированной информационной среде / Программные продукты и системы, 2012. – № 3. – с. 18 – 22

2. Иващенко А.В. Метод кондициального управления взаимодействием в мультиагентной среде // Системы управления и информационные технологии, 2013. – № 1. – с. 39 – 43

ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

А.Р. Биричевский

РАЗРАБОТКА ДЕТЕКТОРА ПОЛЯ-ЧАСТОТОМЕРА НА БАЗЕ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

(Сыктывкарский государственный университет)

Сегодня деятельность многих компаний базируется на разработке новейших технологий, что требует определенных условий для надежного хранения важной информации. Вместе с тем уровень современной электроники дает возможность злоумышленникам с помощью специальных устройств вести настоящую охоту за коммерческими тайнами. В этих целях они применяют различные радиопередающие закладные устройства, которые могут быть установлены в стене, в канцелярских принадлежностях, в электронных устройствах и других местах.

Такие закладки можно обнаружить с помощью специальных устройств. Одним из таких устройств может быть детектор поля. Он позволяет определить изменение электромагнитного поля, а значит, позволит обнаружить радиопередающую закладку, не зависимо от вида модуляции сигнала.

Средства противодействия закладным подслушивающих устройств

Существует множество типов технических средств, способных локализовать закладку, либо нарушить их работоспособность. Классификация технических средств обнаружения и локализации закладных устройств приведена на рисунке 1.

Рис. 1. Классификация средств обнаружения и локализации закладных устройств [1]

Средства радиоконтроля помещения предназначены для обнаружения закладных устройств, излучающих радиоволны во время их поиска. Для обнаружения не излучающих при поиске закладок – дистанционно управляемых и передающих сигналы по проводам применяются средства, реагирующие не на ра-

диоизлучения, а на иные демаскирующие признаки закладок. Наконец, средства подавления закладных устройств обеспечивают энергетическое скрытие их сигналов, нарушение работоспособности закладок или их физическое разрушение [1].

Учитывая то, что количество различных типов радиоизлучающих закладок велико, существуют разнообразные средства радиоконтроля обследуемых помещений: от простейших индикаторов электромагнитного поля до сложных автоматизированных комплексов. Классификация средств обнаружения радиоизлучений закладных устройств приведена на рисунке 2.

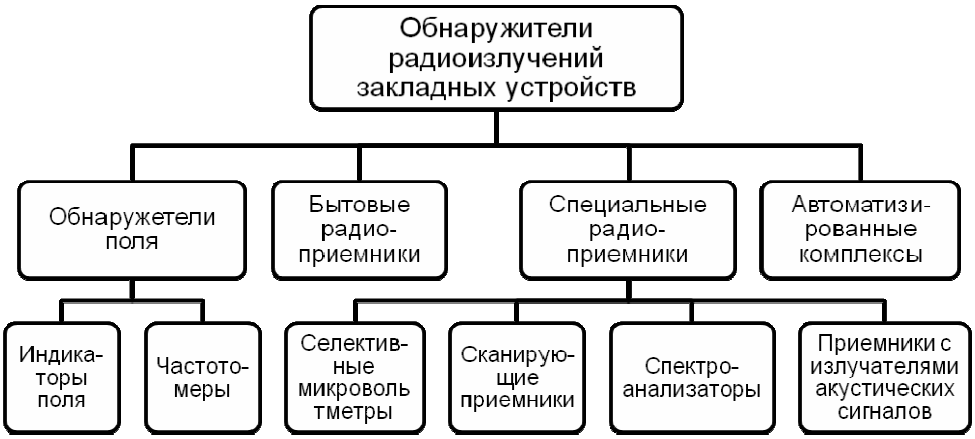


Рис. 2. Классификация средств обнаружения излучения излучений закладных устройств [1]

Простейшими и наиболее дешевыми обнаружителями радиоизлучений закладных устройств являются индикаторы электромагнитного поля, которые световым или звуковым сигналом сигнализируют о наличии в точке расположения антенны электромагнитного поля с напряженностью выше пороговой (фоновой). Более сложные из них - частотомеры обеспечивают, кроме того, измерение несущей частоты наиболее "сильного" в точке приема сигнала [2].

На рынке широко представлены профессиональные детекторы поля. Однако аналогов предлагаемого решения нет на рынке. Разрабатываемый продукт представляет собой качественно новый подход к созданию измерительных устройств. Предлагаемое решение работает в паре с мобильным устройством (планшетный компьютер, смартфон). Предлагаемый программно-аппаратный комплекс состоит из следующих частей:

– устройство детектора;
– мобильное устройство (планшетный компьютер, смартфон);
– приложение для мобильного устройства.

Отличительной особенностью комплекса является функция поиска направления источника радиосигнала. Для этого в устройстве предусмотрены две антенны: направленная и обычная. Направленная антенна используется для определения направления источника радиосигнала. Обычная антенна используется для определения частоты измеряемого сигнала.

Методы поиска закладных устройств:

– амплитудный метод;
– метод акустической завязки;
– амплитудный метод с привязкой к местности.

Основные преимущества над конкурентами:

– принципиально новый подход к созданию измерительных устройств;
– невысокая стоимость готового продукта;
– интуитивно понятный интерфейс программы;
– наличие различных видов поиска (ручн. и авт.);
– программный анализ полученных результатов;
– определение не только частоты источника радиосигнала, но и направления для облегчения поиска радиопередающей закладки.

С каждым годом популярность мобильных устройств только возрастает. А значит, спрос на устройства, взаимодействующие с планшетными компьютерами, будет только расти.

Описание реализованной модели

Реализованная модель состоит из двух модулей:

1. управляющий модуль;
2. модуль детектора.

На рисунке 3 представлена модель детектора поля.

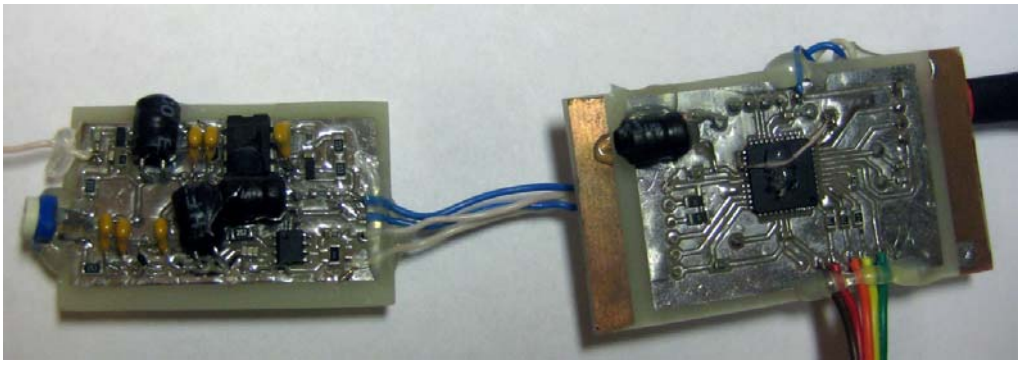


Рис. 3. Внешний вид модели детектора поля

Модуль детектора измеряет уровень сигнала и отправляет его управляющий модуль.

На сегодняшний день реализована работа детектора только с ПК. Ведутся работы по созданию приложений для iOS и Android.

Интерфейс программы выполнен в минималистском стиле. На главном окне программы находится шкала индикации электромагнитного поля и кнопка сброса (см. Рис. 4).

До запуска программы необходимо подключить устройство к компьютеру. После подключения устройства, можно запускать программу. При появлении радиопередающего устройства в зоне действия детектора поля стрелка на шкале индикации электромагнитного поля начнет свое движение.

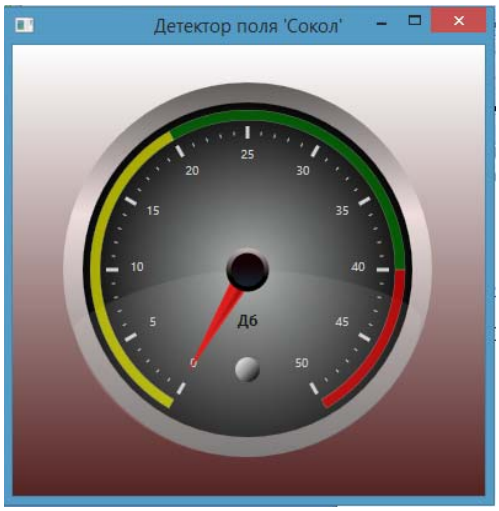


Рис. 4. Главное окно программы

Чтобы добиться положительных результатов, необходимо регулярно проводить проверку помещений на наличие радиопередающих закладных устройств, особенно тех, где проводятся совещания и важные переговоры.

Работа выполнена при поддержке Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках программы УМНИК.

Литература

1. Торокин, А. А. Инженерно-техническая защита информации: учеб. пособие для студентов, обучающихся по специальностям в обл. информ. безопасности / А. А. Торокин. — М.: Гелиос АРВ, 2005. — 960 с.
2. Хорев А.А. Методы и средства поиска электронных устройств перехвата информации.- М.: МО РФ, 1998. - 224 с.

Н.И. Биркун, Ж.Ж. Тураров, А.О. Зозуля

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ УЯЗВИМОСТИ СИСТЕМЫ АУТЕНТИФИКАЦИИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ CAPTCHA

(Академия ФСО России)

На сегодняшний день CAPTCHA является стандартным методом защиты различных сайтов от "спама", вредоносных программ или автоматической регистрации. Существует большое количество различных реализаций CAPTCHA. Наиболее распространенные – это системы предлагающие пользователю определить последовательность искаженных символов (букв и цифр) и ввести их в указанное поле.

С точки зрения применения в компьютерных системах CAPTCHA-методы можно отнести как к процедуре авторизации, так и к процедуре аутентификации. Это связано с тем, что в большинстве случаев, технология CAPTCHA применяется как сопутствующая процедуре аутентификации с по-

мощью парольной защиты. Современные методы повышения защищенности CAPTCHA предлагаются в основном специалистами в области технологий "компьютерного зрения", распознавания образов или анализа документов. Однако, также применяются подходы, основывающиеся на опыте проектирования и создания систем информационной безопасности.

В основе методики оценки уязвимости обозначенной системы, лежит анализ алгоритма генерации и процесса модификации исходного CAPTCHA-образа с применением множества фильтров обработки графических изображений с целью сведения к минимуму или полного устранения факторов искажений, внесенных генератором CAPTCHA-образов. В результате применения этого множества фильтров, исходный CAPTCHA-образ преобразуется в множество тестовых CAPTCHA-образов $\{CAPTCHA^{m}_{тст}\}$, каждый m-й элемент которого является экземпляром, обеспечивающим корректное распознавание одного или более символа последовательности $S_{CAPTCHA}$. Далее каждый элемент множества $\{CAPTCHA^{m}_{тст}\}$ передается на вход системы распознавания, реализующей алгоритм OCR. Результатом обработки каждого элемента множества $\{CAPTCHA^{m}_{тст}\}$ является последовательность символов содержащая от 0 до $S_{CAPTCHA}$ корректно распознанных символов аутентификационной последовательности. Таким образом, сформированное множество $\{CAPTCHA^{m}_{тст}\}$ преобразуется во множество тестовых последовательностей $S_{CAPTCHA}$ $\{S^{тст}_{CAPTCHA}\}$ в общем случае содержащее все корректно распознанные символы аутентификационной последовательности $S_{CAPTCHA}$.

В задачу исследования не входила разработка алгоритма выбора корректно распознанных символов из множества $\{S^{тст}_{CAPTCHA}\}$. Предполагается, что формирование экземпляра последовательности $S'_{CAPTCHA}$ выполняется вручную, поскольку основной целью разрабатываемой методики оценки уязвимости является подтверждение (или опровержение) факта, что для рассматриваемого CAPTCHA-образа имеется возможность получения всех корректно распознанных символов аутентификационной последовательности $S_{CAPTCHA}$.

Разработанную методику оценки уязвимости систем аутентификации на основе технологии CAPTCHA можно представить графически. Из рисунка 1 видно, что разработанная методика состоит из следующих взаимосвязанных этапов:

Этап 1. Обесцвечивание CAPTCHA-образа.

Этот этап является первоначальным обязательным этапом модификации CAPTCHA-образа. Его необходимость обусловлена тем, что существующие OCR-алгоритмы оптимизированы для работы с черно-белыми образами и отсутствие цветового зашумления является важным фактором их успешной работы. Для обесцвечивания CAPTCHA-образа бал выбран инструмент Desaturate.

Характеристики обесцвечивания могут варьироваться, в силу чего на выходе этапа 1 получится подмножество $\{CAPTCHA_1\}$, и все дальнейшие этапы применяются к каждому элементу этого подмножества.

Этап 2. Выделение границ объектов в CAPTCHA-образе.

Зашумление объектами является эффективным способом искажения CAPTCHA-объекта. Однако ряд фильтров позволяют определить границы всех объектов, расположенных на образе и соответственно отделить их от фона. Для эффективного определения границ CAPTCHA-символов использовались следующие фильтры: Sharpen, Sharpen Edges, Poster Edges, Accented Edges.

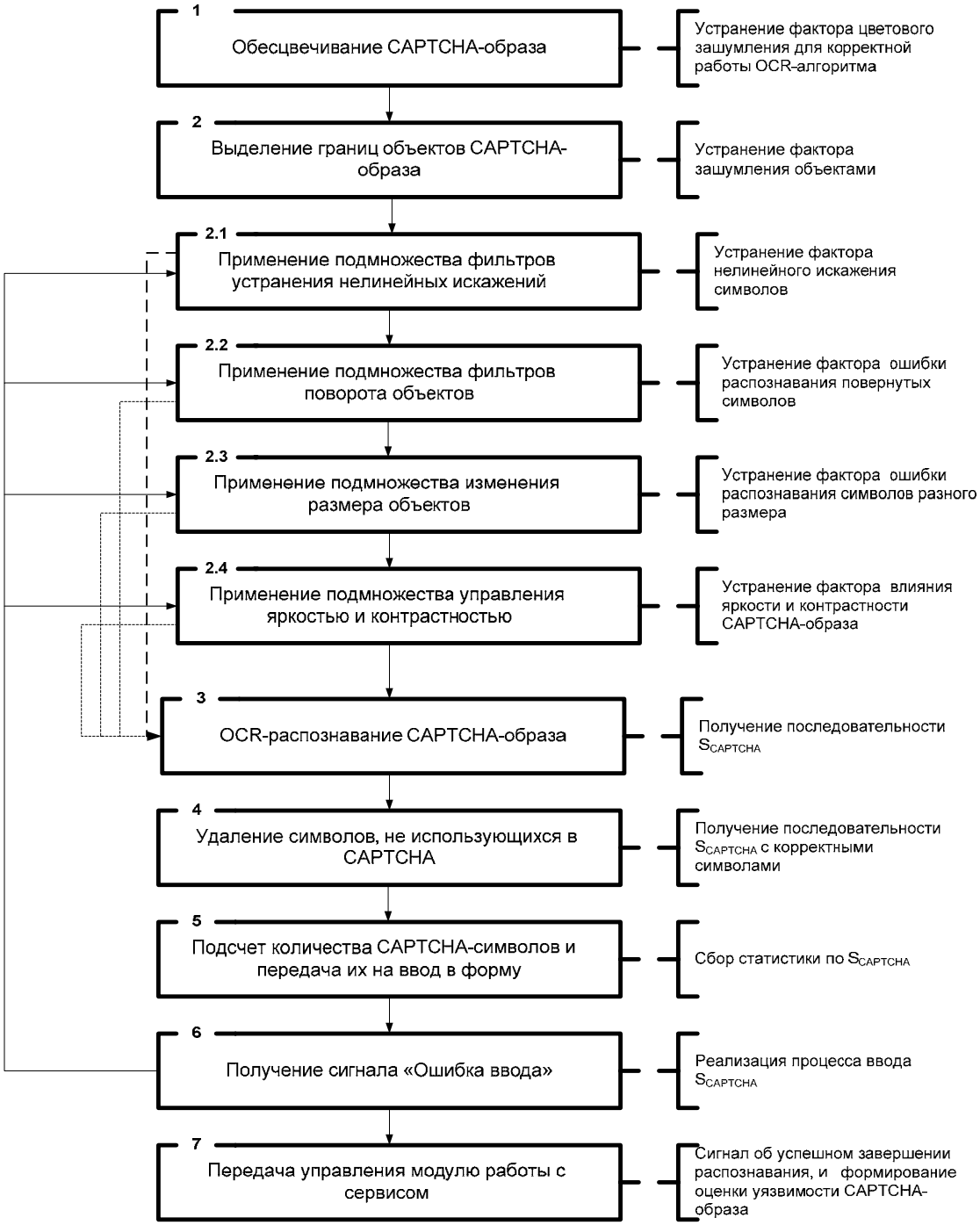


Рис. 1. Графическое представление методики оценки уязвимости системы аутентификации на основе технологии CAPTCHA

Результатом выполнения этапа два является подмножество образов {CAPTCHA$_2$}, каждый элемент которого потенциально может содержать, как совокупность символов и объектов зашумления, так и только совокупность символов, или только совокупность объектов зашумления.

Полученное подмножество {CAPTCHA$_2$} является базовым для выполнение последовательности этапов 2.1-2.4, каждый из которых применяет к элементам подмножества {CAPTCHA$_2$} фильтры, устраняющие факторы искажения символов.

Так на этапе 2.1 с использованием фильтров Liguify, Lens Correction производится попытка устранения фактора нелинейного искажения символов, а именно:

На этапе 2.2 с использованием фильтров поворота образа и объектов внутри него производится попытка размещения символов строго вертикально.

На этапе 2.3 производится изменение размера объектов с целью получения оптимального для алгоритма OCR размера символов.

На этапе 2.4, используя инструменты Brightness/ Contrast и Invert производится варьирование яркостью и контрастностью пары «объект-фон», для получения наиболее оптимальных для алгоритма OCR характеристик.

После реализации каждого из этапов 2.1-2.4 полученные подмножества {CAPTCHA$_{2.1}$}-{CAPTCHA$_{2.4}$} передаются алгоритму OCR (этап 3).

После распознавания каждого из элементов подмножеств {CAPTCHA$_{2.1}$}-{CAPTCHA$_{2.4}$}, специально разработанный алгоритм подсчитывает каждом элементе распознанных последовательностей {$S^{2.1}_{CAPTCHA}$}-{$S^{2.4}_{CAPTCHA}$} количество CAPTCHA-символов, которыми могут быть только буквы английского и русского алфавитов или цифры (этап 5). При этом символы, не являющиеся CAPTCHA-символами, удаляются (этап 4).

На этапе 5 ведется статистика успешно распознанных символов, которая в дальнейшем применяется при формировании конечной оценки уязвимости.

Далее полученные элементы подмножеств {$S^{2.1}_{CAPTCHA}$}-{$S^{2.4}_{CAPTCHA}$} поочередно вводятся в форму системы аутентификации.

В зависимости от результата обработки формы (успешная обработка или формирование сообщения об ошибке ввода (этап 6)) этапы 2.1-2.4 либо повторяются с варьированием значений используемых в них фильтров, либо производится переход к формированию оценки уязвимости системы аутентификации (этап 7).

Разработанная методика может служить основой для разработки и проектирования программного прототипа, позволяющего оценивать уязвимость системы аутентификации на основе технологии CAPTCHA.

Литература

1. Козачок, В.И. Основы информационной безопасности [Текст] : учебное пособие / В.И. Козачок, А.И. Козачок, Н.И. Биркун и др.; под общ. ред. В.И. Козачка – Орел: Академия ФСО России, 2009. – 302 с.

2. Вендеров, А.М. Проектирование программного обеспечения экономических информационных систем [Текст] : учебник / А.М. Вендеров – М.: Финансы и статистика, 2000. – 262 с.

3. В поисках идеальной CAPTCHA [Электронный ресурс] : статья / www.captcha.ru.

А.М. Геращенко

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ ПО ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ С ПОМОЩЬЮ АНГЛОЯЗЫЧНЫХ ОНЛАЙН-КУРСОВ

(Кубанский государственный технологический университет)

В связи со значительной и растущей ролью информационных технологий, особую значимость приобретает укрепление информационной безопасности. По этой причине существует необходимость как постоянного совершенствования подготовки профессионалов в данном направлении, так и повышения осведомленности в этой связи «среднестатистического обывателя», чья деятельность требует использования компьютерных и сетевых технологий. В силу быстрого и непрерывного технического развития рассматриваемой области, связанные с нею знания, умения и навыки нуждаются в постоянном совершенствовании и обновлении. При этом обеспечение информационной безопасности относится к числу тех сфер деятельности, где учеба на собственных ошибках, несмотря на свою значительную роль, представляется гораздо менее предпочтительной, нежели заблаговременная информированность о возможных угрозах. Соответственно, лица, задействованные в обеспечении информационной безопасности, нуждаются в своевременной подготовке к предупреждению и решению возможных проблем в этой связи.

При этом, для расширения профессионального кругозора, целесообразно обращаться как к отечественным достижениям, так и к опыту зарубежных стран – прежде всего тех, которые внесли наиболее весомый вклад в развитие информационных технологий. Дополнительную актуальность такой целесообразности способны придать также проблемы межгосударственных отношений, в результате которых осведомленность о положении вещей в сфере информационной безопасности соответствующих государств может принять характер знания сильных и слабых сторон вероятных противников.

Среди зарубежных стран, имеющих ценный опыт деятельности в плане разработки компьютерных систем и обеспечения информационной безопасности, важнейшее место занимают Великобритания и США. С целью знакомства с таким опытом, для специалиста в данной сфере было бы полезным прохождение соответствующих курсов в указанных странах. Этому способствует наличие значительного числа различных курсов по информационной безопасности (кибербезопасности), предлагаемых британскими и американскими учебными заведениями. Поскольку среднестатистический учащийся или работающий россиянин по различным причинам не может позволить себе полноценное очное

обучение (например, на степень бакалавра или магистра) в учебных заведениях Великобритании и США, особый интерес представляют такие из предлагаемых ими образовательных услуг, к которым можно прибегнуть без ущерба для трудовой или учебной деятельности в отечественном учреждении.

Это могут быть краткосрочные интенсивные курсы – такие, например, как «Cyber Insecurity – Hack the System», предлагаемый в рамках Международной летней школы британского Борнмутского университета. Слушатели указанного курса делятся на две группы, одна из которых в течение первой недели учится создавать и применять вредоносное программное обеспечение для проникновения в компьютерные системы, а другая в то же время учится анализировать, предотвращать и отражать кибератаки, после чего группы меняются ролями и готовятся к финальной учебной «кибервойне» [1].

Однако в ряде случаев возможность прохождения даже краткосрочного очного обучения в зарубежных учебных заведениях вообще отсутствует или представляется чрезвычайно затруднительной. Это может быть обусловлено, в частности, запретом на выезд за границу, проблемами при получении визы или же необходимостью экономии времени и финансовых средств. В таком случае выходом из сложившейся ситуации могут быть онлайн-курсы – дистанционные курсы, обучение на которых осуществляется через Интернет. Например, Вашингтонский университет США предлагает таким образом пройти на платной основе курсы на сертификаты по информационной безопасности и управлению рисками («Information Security & Risk Management» [2]) и безопасности информационных систем («Information Systems Security» [3]). Существует и возможность получения по итогам онлайн-обучения академических степеней – допустим, степени бакалавра наук (Bachelor of Science) по информационным системам и кибербезопасности (Information Systems and Cybersecurity), предлагаемой, в частности, американским Техническим институтом ИТТ [4] – разумеется, на возмездной основе.

Если же подобные вышеуказанным платные дистанционные курсы представляются неоправданно затратными в финансовом плане, существует значительное число возможностей пройти бесплатные «массовые открытые онлайн-курсы» (Massive Open Online Courses, сокращенно MOOC). Одной из популярных платформ по предоставлению таких курсов такого рода является «Coursera» [5] – проект, основателями которого являются профессора Стэнфордского университета Э. Нг и Д. Келлер. Данный ресурс содержит сотни бесплатных курсов, содержащих видеолекции и презентации для просмотра, тексты для чтения, задания для промежуточного и итогового контроля, имеющие вид тестов (проверяемых автоматически) и/или творческих работ (проверяемых другими слушателями соответствующих курсов), а также форумы для общения между преподавателями и слушателями курсов. Для получения возможности прохождения курсов необходима регистрация, требующая указания имени и электронного адреса пользователя. В большинстве случаев после успешного прохождения курсов «Coursera» (для чего необходимо своевременное выполнение контрольных заданий на определенном уровне) слушатель получа-

ет возможность загрузить подтверждающий данный факт документ – «Statement of Accomplishment» (бесплатно) или, если конкретный курс имеет такую возможность, – «Verified Certificate» (доступный за сравнительно небольшую плату при условии предоставления фотографий слушателя и его удостоверения личности посредством веб-камеры и позиционирующийся как более весомое доказательство учебных достижений). Таким образом, пользователи могут не просто пройти обучение на бесплатной основе, но и документально подтвердить его факт (а владельцы ресурса имеют возможность сбора колоссального объема персональных данных – как минимум, электронных адресов, а в ряде случаев – и основных сведений из удостоверений личности).

К числу размещенных на платформе «Coursera» онлайн-курсов, с помощью которых можно осуществлять подготовку по информационной безопасности, относятся, например, предлагаемый Мичиганским университетом курс по истории, технологии и безопасности Интернета («Internet History, Technology and Security» [6]), предоставленный Лондонским университетом курс по вредоносному программному обеспечению и связанной с ним подпольной экономике («Malicious Software and its Underground Economy: Two Sides to Every Story» [7]), а также курсы от уже упомянутого Вашингтонского университета, посвященные различным аспектам информационной безопасности (и, видимо в связи с необходимостью продвижения аналогичных платных курсов, не предоставляющих возможности получения каких-либо документов о своем прохождении): «Information Security and Risk Management in Context» [8], «Building an Information Risk Management Toolkit» [9] и «Designing and Executing Information Security Strategies» [10].

Рассмотрим более подробно последний из перечисленных онлайн-курсов – рассчитанный на 10 недель при недельной учебной нагрузке от 4 до 6 часов курс по разработке и осуществлению стратегий информационной безопасности, который ведет главный инженер (Chief Technical Officer), эксперт по компьютерной безопасности М. Саймон. Данный курс отличается практической направленностью. В видеолекциях (сопровождаемых слайдами с основными вопросами и фактами) даются, в частности, описание структур компании, связанных с обеспечением информационной безопасности (в том числе характеристика должностных обязанностей конкретных функционеров), и детальное рассмотрение конкретных происшествий в сфере кибербезопасности с анализом различных подходов к их устранению. Слушателям курсов предлагается, следуя данным инструкциям и рекомендациям, выполнить три творческих задания – например, осуществить анализ рисков и выработать рекомендации применительно к предоставлению доступа к конфиденциальной информации для сотрудников недавно присоединенного к компании подразделения. Эти задания имеют вид письменных работ, которые должны быть к назначенному сроку поданы на рассмотрение на специальной странице онлайн-курса с тем, чтобы быть автоматически (без указания авторства) отправленными на проверку другим участникам курса. В свою очередь, слушатель, пославший свой труд на суд своих соучеников, должен прочесть и оценить ряд их работ, а затем, по истече-

нии недели, получает отзывы на свое сочинение. Таким образом, осуществляется знакомство с другими точками зрения на проблему. Для проверки знания терминов и прочих теоретических положений предлагаются тесты, которые проверяются автоматически, допускают ограниченное число попыток их выполнения и должны быть выполнены к определенному сроку (применительно к данному курсу – к дате его окончания). Доступ к материалам курса (копирование которых допускается для личного использования в учебных целях) сохраняется некоторое время после его окончания.

Если для сотрудников, занимающихся обеспечением информационной безопасности, равно как и для студентов, обучающихся в данном направлении, будут полезны содержащиеся в соответствующих курсах практические и теоретические данные (факты и рекомендации), то для преподавателей, осуществляющих преподавание дисциплин, связанных с информационной безопасностью, может представлять интерес также сам характер подачи учебного материала: тематическая структура курса, иллюстративный материал, типы тренировочных заданий, виды и формы контроля. Кроме того, стоит иметь в виду возможность использования указанных курсов для дополнительной подготовки студентов.

В заключение стоит подчеркнуть тот факт, что вышеописанные курсы представлены на английском языке, в связи с чем следует особо отметить важность подготовки по данному языку, в том числе, и для специалистов по информационной безопасности.

Литература

1. Cyber Insecurity – Hack the System [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://microsites.bournemouth.ac.uk/international-summer-school/courses/dec/cyber-insecurity-hack-the-system/
2. Certificate in Information Security & Risk Management [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://www.pce.uw.edu/certificates/information-security-risk-management.html
3. Certificate in Information Systems Security [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://www.pce.uw.edu/certificates/information-systems-security.html
4. Information Systems and Cybersecurity (Online Program): Bachelor of Science Degree [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.itt-tech.edu/campus/courses.cfm?prog_id=4124
5. Coursera [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://www.coursera.org/
6. Internet History, Technology and Security [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.coursera.org/course/insidetheinternet
7. Malicious Software and its Underground Economy: Two Sides to Every Story [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.coursera.org/course/malsoftware
8. Information Security and Risk Management in Context [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.coursera.org/course/inforiskman

9. Building an Information Risk Management Toolkit [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.coursera.org/course/inforisk

10. Designing and Executing Information Security Strategies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.coursera.org/course/infosec

С.П. Горелик, В.С. Шумилин

ЗАЩИТА СЕТЕЙ СВЯЗИ В УСЛОВИЯХ ПРОГРАММНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

(Академия ФСО России, г. Орел)

С развитием информационных и телекоммуникационных технологий, становится актуальным процесс развития сетей связи, путем цифровизации и интеграции их в общемировое телекоммуникационное пространство, что в свою очередь, существенно увеличивает возможности нарушителей по идентификации, вскрытию и воздействию на их элементы.

Анализ элементов сети связи осуществляется нарушителем посредством ведения несанкционированного мониторинга (рисунок 1).

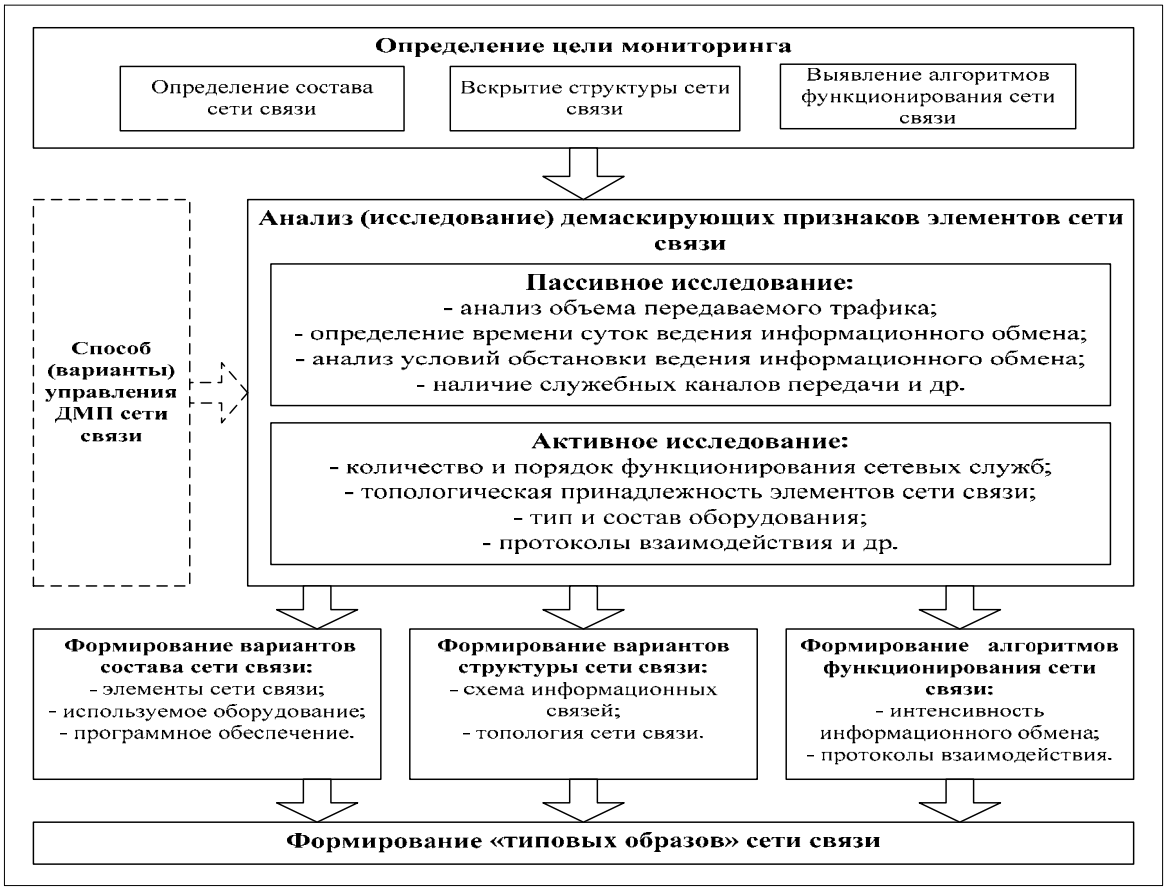


Рис. 1. Обобщенный порядок проведения несанкционированного мониторинга элементов сети связи (вариант)

Из рисунка 1 видно, что процесс ведения несанкционированного мониторинга элементов сети связи осуществляется поэтапно. Сначала определяются цели мониторинга (необходимость определения состава сети связи, вскритие структуры сети связи либо выявление алгоритмов функционирования сети связи). Далее анализируются (исследуются) демаскирующие признаки (ДМП) элементов сети связи и процессов их функционирования. Процесс анализа демаскирующих признаков элементов сети связи реализуется двумя подсистемами: активной и пассивной [1].

Пассивное исследование осуществляет сбор типовых демаскирующих признаков элементов сети связи. К типовым демаскирующим признакам элементов сети связи относятся: форма огибающей сигнала; спектр сигналов; вид излучения, вид модулирующего сигнала; значения параметров сигнала; мощность излучения; количество излучаемых фиксированных частот, взаимные удаления элементов, площадь размещения элементов и др. [2].

Активное исследование предполагает использование комплексных программных воздействий, наиболее часто реализуемыми из которых являются: анализ сетевого трафика, сканирование сети, отказ в обслуживании и др. После анализа демаскирующих признаков переходят к формированию множества вариантов сетей связи, которое включает в себя отображение параметров по демаскирующим признакам, их обобщение и интеллектуальный анализ, что позволяет сформировать «типовые образы» сети связи, отражающие ее функциональные особенности [3].

Анализ существующих средств и методов защиты позволил определить, что демаскирующие признаки элементов сети связи, выявляемые активным исследованием, могут быть скрыты методами разграничения доступа и криптографического закрытия семантической составляющей информационного обмена [4, 5]. Однако существующие методы защиты не всегда учитывают особенности изменения параметров демаскирующих признаков и не имеют возможности управления данными параметрами в зависимости от характера воздействий со стороны злоумышленника. В связи с этим возникает необходимость разработки научно-технических предложений, позволяющих осуществлять формирование защищенной сети связи, путем управления (ослабления, устранения) ее демаскирующими признаками. В качестве предложения по защите разработан способ управления демаскирующими признаками сети связи [6]. Обобщенная схема, поясняющая способ управления демаскирующими признаками сети связи представлена на рисунке 2.

Суть способа заключается в варьировании значениями управляемых демаскирующих признаков по соответствующим правилам и в заданных пределах, в результате чего, злоумышленник вводится в заблуждение относительно структуры сети связи и параметров её функционирования,что приводит к повышению устойчивости сети связи в условиях деструктивных программных воздействий. В качестве исходных данных задают множество контролируемых параметров демаскирующих признаков сети связи.

В результате измерения значений данных контролируемых параметров, в ходе выполнения цикла анализа, формируют группы контролируемых параметров демаскирующих признаков и задают коэффициенты важности для каждой группы. Дополнительно определяется количество управляемых и неуправляемых демаскирующих признаков. Перед развертыванием, разрабатываются варианты ложного функционирования сети связи.

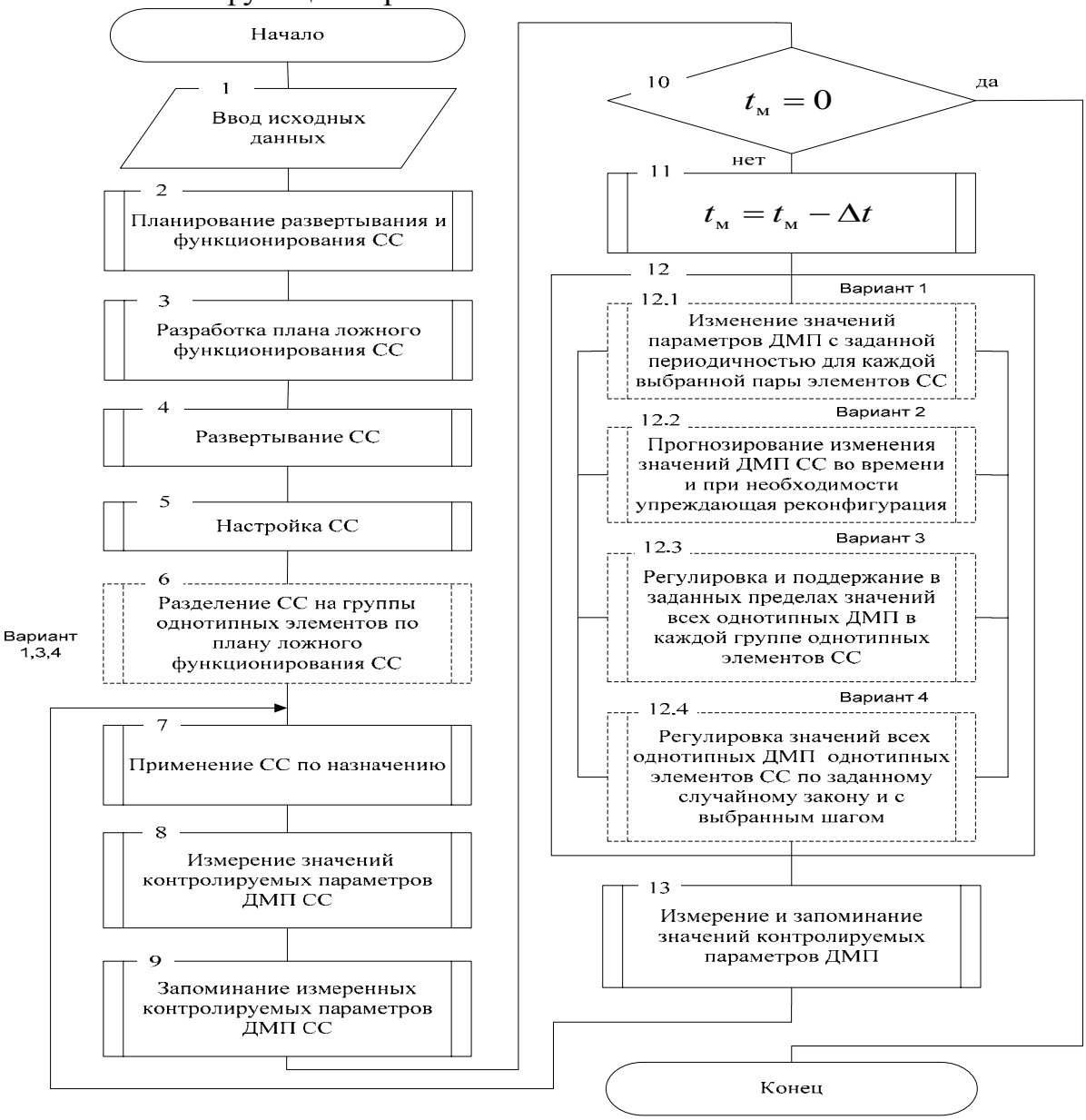


Рис. 2. Обобщенная схема способа управления демаскирующими признаками сети связи

После этого осуществляют развертывание сети связи, настраивают основные параметры и применяют ее по назначению. На функционирующей сети связи производят измерение значений контролируемых параметров демаскирующих признаков и запоминают их с целью дальнейшего использования.

Способ предполагает управление защищенностью сетей связи по

нескольким направлениям.

В первом варианте злоумышленник вводится в заблуждение относительно структуры сети связи и ее параметров за счет периодического (по необходимости корректируемого) взаимного изменения демаскирующих признаков на выбранных парах элементов сети связи.

Во втором варианте злоумышленник вводится в заблуждение относительно структуры сети связи и ее параметров на основе прогнозирования значений показателей демаскирующих признаков и, при необходимости, упреждающей реконфигурации сети связи.

В третьем варианте заявленного способа злоумышленник вводится в заблуждение относительно структуры сети связи и ее параметров за счет принудительной регулировки (с заданной периодичностью) и поддержания в установленных пределах на однотипных элементах сети связи значений всех однотипных признаков.

В четвертом варианте злоумышленник вводится в заблуждение относительно структуры сети связи и ее параметров за счет одновременного изменения всех однотипных параметров демаскирующих признаков в каждой группе всех однотипных элементов сети связи по заданному случайному закону и шагу с заданным периодом так, чтобы параметры демаскирующих признаков элементов сети связи попали в заданный интервал значений.

Таким образом, использование способа управления демаскирующими признаками сети связи, с возможностью корректировки значений управляемых демаскирующих признаков ее элементов в заданных значениях и упреждающей реконфигурации, позволяет снизить эффективность ведения несанкционированного мониторинга элементов сети связи. Кроме того, полученные результаты могут использоваться при проведении исследований по разработке методов и способов защиты сетей связи в условиях внешних деструктивных программных воздействий, а также при проэктировании систем защиты сетей связи в рамках определения защитного ресурса.

Литература

1. Зима В. М., Молдовян А. А., Молдовян Н. А. Безопасность глобальных сетевых технологий. СПб.: БХВ - Петербург, 2003. – 368 с: ил.

2. Меньшаков Ю. К. Защита объектов и информации от технических средств разведки. – М. : Российск. гос. гуманит. ун-т, 2002. – 399 с.

3. Петренко С. А. Методы информационно-технического воздействия на киберсистемы и возможные способы противодействия. – Труды ИСА РАН, том 41, 2009., 104-146 с.

4. Пат. 2419153 Российская федерация, МПК G06N 5/00. Способ контроля демаскирующих признаков системы связи / Е. В. Гречишников [и др.] ; заявитель и патентообладатель Академия ФСО России. – № 2009125131/08 ; заявл. 30.06.09 ; опубл. 20.05.11, Бюл. № 1. – 22 с. : ил.

5. Пат. 2422892 Российская федерация, МПК G06F 21/20. Способ защиты вычислительной сети / Е. В. Гречишников [и др.] ; заявитель и

патентообладатель Академия ФСО России. – № 2010114785/08 ; заявл. 13.04.10; опубл. 27.06.11, Бюл № 18 – 9 с. : ил.

6. Пат. 2450337 Российская федерация, МПК G06F 15/00. Способ (варианты) управления демаскирующими признаками системы связи / Е. В. Гречишников [и др.] ; заявитель и патентообладатель Академия ФСО России. – № 2011117814/08 ; заявл. 03.05.11 ; опубл. 10.05.12, Бюл. № 13. – 19 с. : ил.

Д.В. Кириллов

ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ КОНТРОЛЕМ ДОСТУПА НА ОСНОВЕ РОЛЕЙ

(Самарский государственный университет)

Для достижения цели автоматизации управления контролем доступа на основе ролей в автоматизированных системах управления предприятием (АСУП) необходимо решить задачу замыкания компонентов и отношений подсистемы реализующей политику безопасности (ПБ) и объектов и отношений уровня бизнес-логики системы (БЛ), содержащей достаточно большой объем данных о субъектах необходимых для принятия решений о назначений или отзыве полномочий, либо для выполнения других операций [1].

В простейшем случае, когда в организации используется только одна система, и управление доступом реализуется в ней же, задача с формальной точки зрения является тривиальной - необходимо обогатить систему недостающими компонентами и отношениями [2]. Простая модель данных характерная для систем, использующих ролевую политику безопасности представлена на рисунке 1.

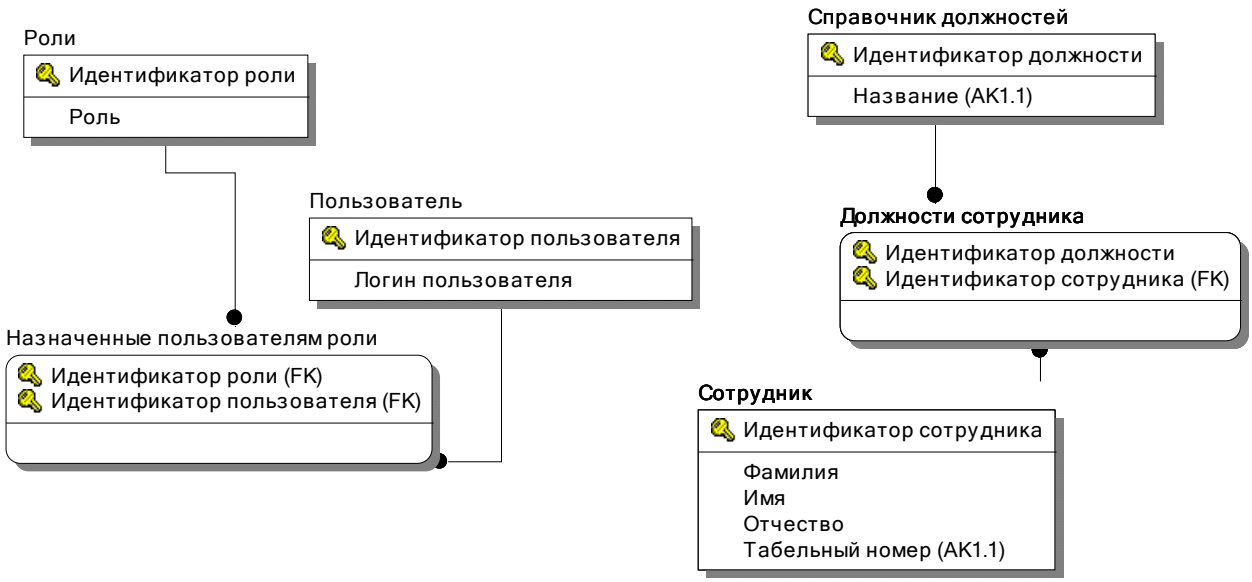


Рис. 1. Простейшая модель данных некоторых компонентов и отношений подсистемы разграничения данных
и соответствующих им объектов уровня бизнес-логики

Определим два метода связывания – атрибутное и объектное. В первом методе, обогащению подвергаются сущности представляющие компоненты и отношения подсистемы безопасности, которые уже представлены в системе путем добавления в них атрибутов-связей (логических или физических) с компонентами и отношениями уровня бизнес-логики. Результат использования такого метода на уровне моделей данных представлен на рисунке 2.

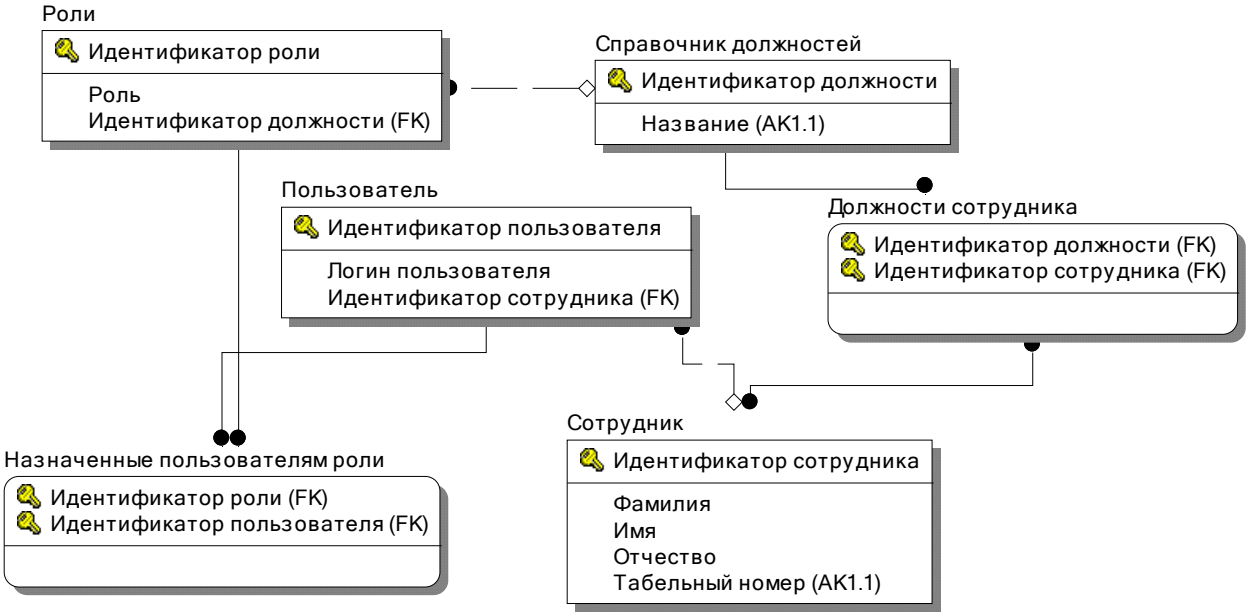


Рис. 2. Модель данных атрибутного замыкания компонентов подсистемы разграничения доступа и соответствующих им объектов бизнес-логики

Атрибутное связывание имеет ряд существенных недостатков:

1) так как зачастую требуется адаптация существующей реализации ПБ модификация существующих сущностей не допустима с точки зрения требований лицензий на использование ПО;
2) также в случае адаптации существующих механизмов разграничения доступа, аспекты реализации компонентов могут быть скрыты и не доступны для внесения прямых изменений [3];
3) в том случае, если связывание осуществляется с использованием внешних ключей между сущностями уровня бизнес-логики и уровня реализации ПБ безопасности невозможно гарантировать отсутствие проблем возникновения блокировок на компонентами и того и другого уровня;
4) возможности связывания достаточно ограничены, так как структура связей отображения должна фактически полностью повторять структуру связей между объектами уровня бизнес-логики, что на практике далеко не всегда соответствует действительности. Например, из рисунка 2 видно, что наделив сущность “Роль” атрибутом связи с сущностью “Должность”, получаем фактически отношение одна роль – одна должность, хотя в реальности у одной должности может быть более чем одна роль [4].

В случае объектного связывания, сущности представляющие компоненты и отношения подсистемы безопасности не изменяются. Вместо этого в систему вносятся новые сущности, представляющие собой отношения отображения элементов подсистемы безопасности и элементов уровня бизнес-логики (рисунок 3).

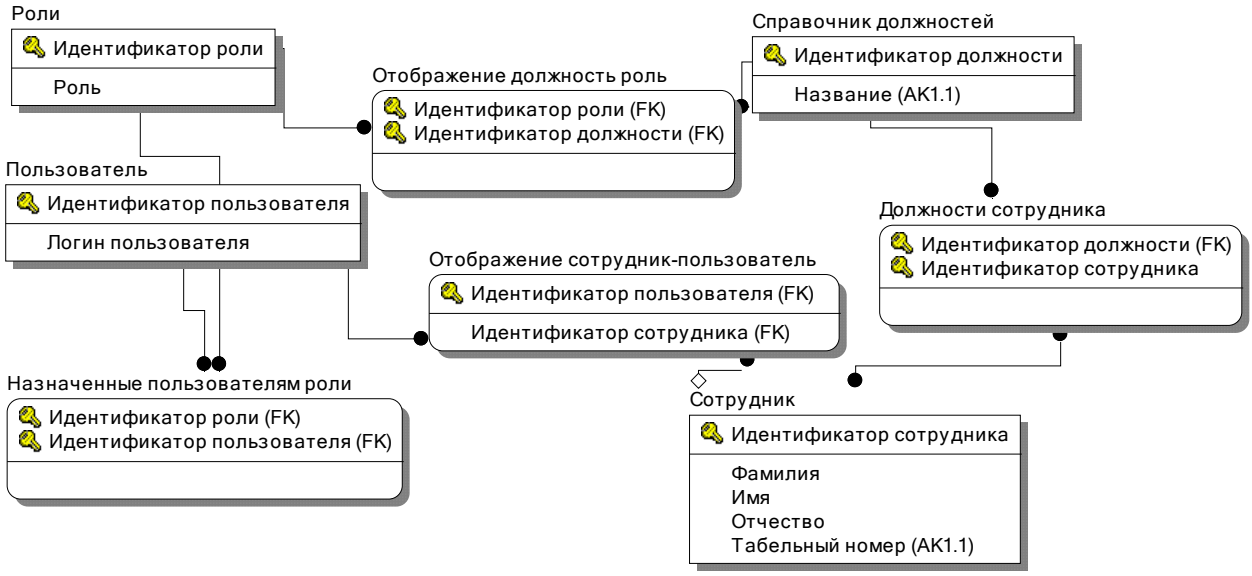


Рис. 3. Модель данных объектного замыкания компонентов подсистемы разграничения доступа и соответствующих им объектов бизнес-логики

Объектное связывание исключает недостатки связанные с ограниченностью влияния на процесс связывания с использованием атрибутного связывания, так как при его использовании не модифицируются существующие объекты и отношения, что соответственно полностью исключает прямое влияние на компоненты уровней бизнес-логики и подсистемы разграничения доступа.

Другим важным аспектом процесса замыкания уровня подсистемы разграничения доступа и уровня бизнес-логики является выбор способа реализации процесса связывания. Здесь возможно два варианта – синхронный и асинхронный.

В случае синхронного процесса порождающее событие на уровне бизнес-логики одновременно порождает событие на уровне подсистемы безопасности, фактически реакция на оба события выполняется в рамках одной транзакции. Плюсом здесь является то, что фактически система осуществит переход состояния один раз, то есть в следующий момент времени после подтверждения транзакции компоненты и отношения подсистемы безопасности будут предположительно находиться в адекватном состоянии в соответствии с описанными правилами. Минусы здесь также очевидны:

1) ошибка или невозможность выполнения транзакции на уровне подсистемы безопасности, вызовет невозможность подтверждения транзакции на уровне бизнес-логики;
2) в случае, если правила отображения имеют достаточно сложную форму, и их вычисление достаточно трудоемко, то время выполнения транзакции на уровне бизнес-логики может значительно возрасти [5];

3) с технической точки зрения возможности применения условий могут быть ограничены в связи с особенностями функционирования системы.

Асинхронная обработка предполагает, что процессы генерации событий по изменению состояний компонентов и отношений уровня БЛ и их отображения на уровень ПБ не зависят друг от друга, то есть выполняются в разных транзакциях. В этом случае, либо существует независимый процесс, отслеживающий состояние требуемых объектов и их отношений, либо над этими объектами реализуются нотификаторы (объекты генерирующие сообщения о событиях по изменению состояния объектов). И в том и другом случае, дальнейшая обработка таких событий никак не влияет на объекты уровня БЛ [6,7].

Таким образом, наиболее эффективным способом реализации механизма замыкания уровня реализации ПБ и уровня реализации БЛ является асинхронное объектное связывание.

Литература

1. Кириллов Д.В. Основные принципы событийно-обусловленного делегирования полномочий в системах контроля доступа на основе ролей// Вестник УГАТУ. 2009 т.1(30), с. 218-225.

2. Кириллов Д.В. Классификация моделей делегирования полномочий в контроле доступа на основе ролей// Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, 2010, № 1(21), с. 146-150.

3. Кириллов Д.В. Особенности механизма обработки событий в СОДОП// Материалы Зимней школы аспирантов и молодых ученых УГАТУ, Уфа, 2009.

4. Ahmed Ali, Zhang Ning A Context-Risk-Aware Access Control Model for Ubiquituos Enviroments // Proceedings of the International Multiconference on Computer Science and Informational Technologies. - Wisla, Poland :, 2008. - стр. 775-782.

5. Al-Kahtani Mahammad A. A model for Attribute-Based User-Role Assigment // Proceedings of the 18th Annual Computer Security Applications Conference. - Washington, DC, USA : IEEE Computer Society, 2002.

6. Kumar A.N., Karnik N. и Chaftle G. Context sensivity in Role-Based Access // ACM SiGOPS Operating system review. - July 2002 г.. - Т. 36. - стр. 53-66.

7. Кириллов Д.В. Классификация моделей делегирования полномочий в контроле доступа на основе ролей// Доклады ТУСУРа, № 1 (21), часть 1, июнь 2010. с. 146 – 149

А.Б. Кузьмичев

АЛГОРИТМ РАСПОЗНАВАНИЯ СОСТОЯНИЯ ПРОГРАММЫ НА ОСНОВЕ СИСТЕМ СО СЛУЧАЙНОЙ СТРУКТУРОЙ

(Поволжский государственный университет сервиса, г. о. Тольятти)

Введение. Предлагается рассмотреть подход, основанный на идее «Поведенческих блокираторов» [1]. Их основная идея — анализ поведения программ и блокировка выполнения любых опасных действий.

Постановка задачи. Есть вычислительная система, на которой функционирует несколько программ. Каждая программа имеет описание характеристик своего функционирования. Однако существует вероятность работы этой программы вне данных характеристик.

Требуется разработать алгоритм, который контролирует программу с целью обнаружения несанкционированного состояния.

Алгоритм идентификации состояния программы. В качестве алгоритма предлагается рекуррентный алгоритм, построенный на основе теории динамических систем со случайной скачкообразной структурой [2].

Под динамической структурой будем понимать работающую программу на вычислительной системе. Для контроля за состоянием программы используем идентификатор состояния [3]. Идентификатор реализуется с помощью классификатора вероятности нахождения системы в том или ином состоянии. Предлагаемая схема алгоритма представлена на рис. 1., и включает :

1. Классификатор, определяющий апостериорные вероятности состояний программы $\hat{p}(s_k)$ и состоящий из $n^{(s)}$ скалярных уравнений.
2. Фильтр, вычисляющий условные (апостериорные) оценки параметров наблюдаемой программы $\hat{x}(s_k)$ и состоящий из $n^{(s)}$ векторных уравнений.
3. Дисперсиометр, определяющий условные (апостериорные) ковариации ошибок оценивания параметров состояния программы $\hat{R}(s_k)$ и состоящий из $n^{(s)}$ матричных уравнений.
4. Идентификатор, детектирующий состояние системы на основе анализа вероятностей состояния программы $\hat{p}(s_k)$, например, по принципу нахождения максимальной вероятности $(p(s_k))$.

На вход алгоритма поступают :

1. z_k - n_z - мерный вектор измеренных значений параметров программы на *k-ом* шаге функционирования программы.
2. r_k - n_r - мерный вектор наблюдаемых значений индикаторов программы на *k-ом* шаге функционирования программы.
3. $\hat{X}_{k-1}$ - вектор оценки состояния программы на *k-1* шаге, включающий оценки вероятностей состояний программы $\hat{p}(s_k)$, параметров программы $\hat{x}(s_k)$ и условных ковариаций ошибок оценивания параметров состояния программы

$\hat{R}(s_k)$.

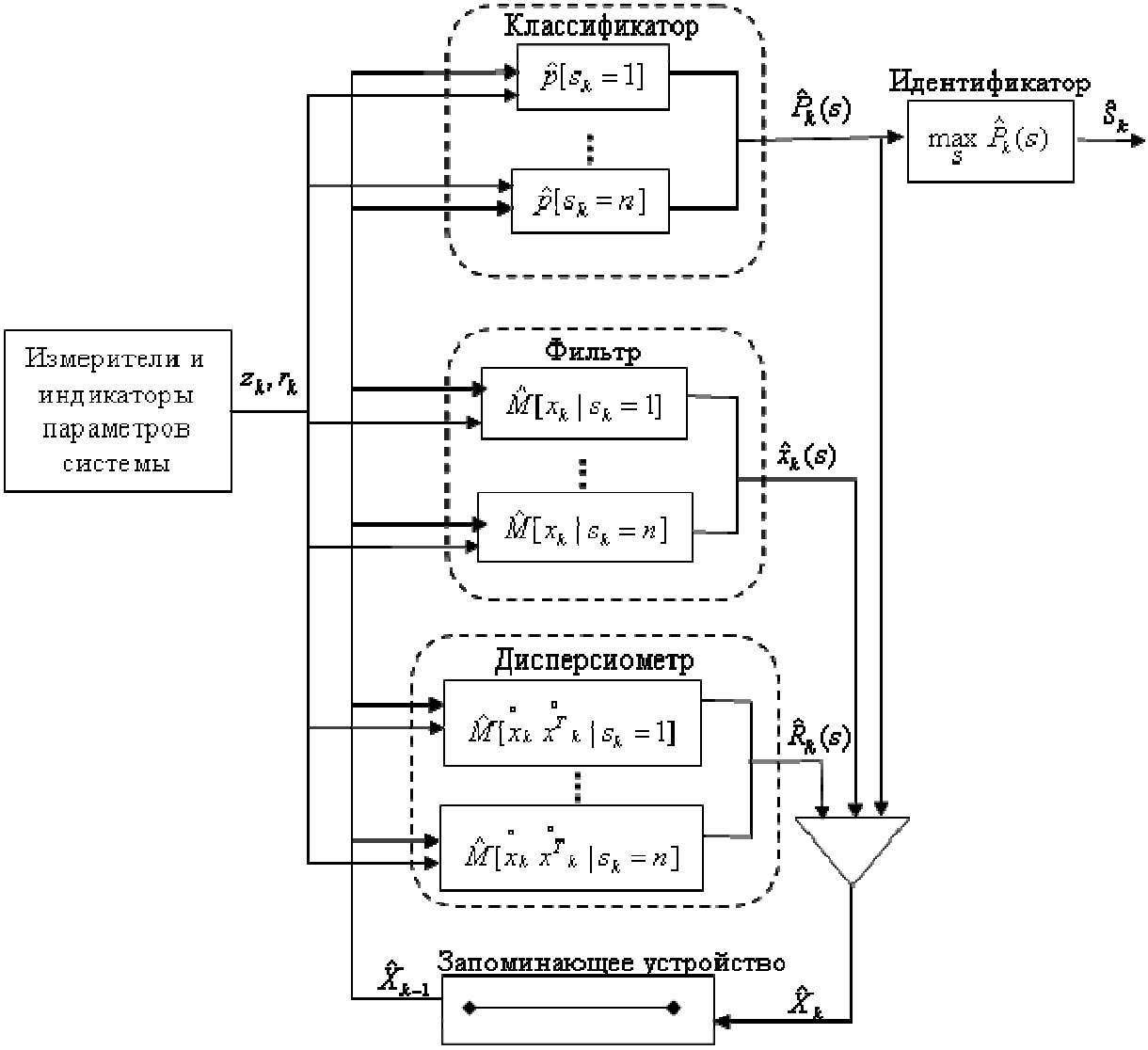


Рис. 5. Схема алгоритма распознавания структуры системы

Вычисление оценок выполняется по следующим формулам:

$$\hat{p}(s_k) = \left[\bar{f}(z_k, r_k)\right]^{-1} \sum_{s_k} \hat{p}(s_{k-1}) \iint_{-\infty}^{+\infty} \varepsilon(y_k, y_{k-1}) dx_k dx_{k-1},$$

$$\hat{x}(s_k) = \left[\bar{f}(z_k, r_k)\hat{p}(s_k)\right]^{-1} \sum_{s_k} \hat{p}(s_{k-1}) \iint_{-\infty}^{+\infty} x_k \varepsilon(y_k, y_{k-1}) dx_k dx_{k-1},$$

$$\hat{R}(s_k) = \left[\bar{f}(z_k, r_k)\hat{p}(s_k)\right]^{-1} \sum_{s_k} \hat{p}(s_{k-1}) \iint_{-\infty}^{+\infty} [x_k - \hat{x}(s_k)] * [x_k - \hat{x}(s_k)]^T \varepsilon(y_k, y_{k-1}) dx_k dx_{k-1},$$

где k — дискретный момент времени ($k = 0, 1, \ldots$),

$s_k = \overline{1, n^{(s)}}$ - n_s - мерный вектор состояний программы,

$\hat{x}_k = \overline{1, n^{(x)}}$ - n_x -мерный вектор апостериорных параметров программы,

$$\varepsilon(y_k, y_{k-1}) = f(z_k \mid x_k, s_k, r_k, y_{k-1})\pi(r_k \mid x_k, s_k, y_{k-1}) f(x_k \mid s_k, x_{k-1}, s_{k-1}) q(s_k \mid x_{k-1}, s_{k-1}) \hat{f}(x_{k-1} \mid s_{k-1}),$$

$$f(z_k \mid x_k, s_k, r_k, y_{k-1}) = (2\pi)^{-n_z} \iint_{-\infty}^{+\infty} \exp\{i\omega^T [\psi(x_k, s_k, r_k, y_{k-1}, \ _{k-1}) - z_k]\} d\Phi(\ _{k-1} \mid \xi_{k-1}) d\omega,$$

$$f(x_k \mid s_k, x_{k-1}, s_{k-1}) = (2\pi)^{-n_x} \iint_{-\infty}^{+\infty} \exp\{i\omega^T [\ (s_k, x_{k-1}, s_{k-1}, \xi_{k-1}) - x_k]\} d\Phi(\xi_{k-1}) d\omega;$$

$$\hat{f}(x_k, s_k) = \bar{f}^{-1}(z_k, r_k) \sum_{s_k} \int_{-\infty}^{+\infty} f(z_{k+1} \mid x_k, s_k, r_k, y_k) \pi(r_k \mid x_k, s_k, y_{k-1}) f(x_k \mid s_k, x_{k-1}, s_{k-1}) \times$$

$$q(s_k \mid x_{k-1}, s_{k-1}) \hat{f}(x_{k-1} \mid s_{k-1}) dx_k;$$

$\bar{f}^{-1}(z_k, r_k) = \sum_{s_k} \sum_{s_{k-1}} \hat{p}(s_{k-1}) \int_{-\infty}^{+\infty} \varepsilon(y_k, y_{k-1}) dx_{k-1}$ -нормировочный коэффициент;

$y_k = [x_k^T, s_k^T, z_k^T, r_k^T,]^T$;

$p(r_k \mid x_k, s_k, y_{k-1})$- известная (априорная) условная вероятность перехода выходного сигнала индикатора r_k при фиксированных значениях переменных x_k, s_k, y_{k-1};

$q(s_k \mid x_{k-1}, s_{k-1})$- известная (априорная) условная вероятность перехода состояния программы s_k при фиксированных значениях переменных x_k, s_k;

$\psi(x_k, s_k, r_k, y_{k-1}, \ _{k-1})$- известная (априорная) векторная детерминированная функция, описывающая работу измерителя параметров программы (программы);

$(s_k, x_{k-1}, s_{k-1}, o_{k-1})$- известная (априорная) векторная детерминированная функция, описывающая изменения параметров программы;

ω- векторный аргумент характеристической функции;

$i = \sqrt{-1}$; $\Phi(\ _k \mid \xi_k) = \Phi(\xi_k, \ _k)\Phi^{-1}(\xi_k)$,

$\Phi(\xi_k, \ _k)$- совместная функция распределения вектора возмущений ξ_k и вектора ошибок измерителей $_k$;

$\Phi(\xi_k)$- функция распределения вектора возмущений ξ_k, действующих на систему;

$_k$ - n_m - мерный вектор помех, действующий на измерения;

ξ_k - n_o - мерный вектор возмущений, действующих на программу.

Алгоритм реализации системы идентификации состояния программы

Для облегчения реализации можно упростить решение систем уравнений. Например, можно выполнить параметрическую аппроксимацию плотно-

сти $\hat{f}(x_k, s_k)$ с реализацией зависимости только от первых двух условных моментов $\hat{x}(s_k), \hat{R}(s_k)$. Например по методу, изложенному в [4].

Для реализации идентификации состояния программы предлагается следующий алгоритм:

1. Выполняется сбор априорных данных по выбранной для идентификации состояний программе на основе представленных данных от производителя программы или поставленного лабораторного опыта.
2. На основе полученных данных определяются: условные вероятности перехода выходного сигнала индикатора и перехода состояния программы; априорная векторная детерминированная функция, описывающая работу измерителя параметров программы; априорная векторная детерминированная функция, описывающая изменения параметров программы; вектор помех, действующий на измерения; вектор возмущений, действующий на программу.
3. Выполняется аппроксимация плотности вероятности $\hat{f}(x_k, s_k)$ с реализацией зависимости от первых двух условных моментов $\hat{x}(s_k), \hat{R}(s_k)$.
4. Реализуется алгоритм идентификации состояния в виде программы.
5. Вносятся полученные данные в реализованный алгоритм идентификации.
6. Разработанная программа в реальном времени идентифицирует состояние наблюдаемой программы.
7. При обнаружении запрещенного состояния выполняются действия по предотвращению возможной угрозы безопасности.

При этом достаточно будет выполнить только идентификацию работоспособного состояния. Все другие состояния можно рассматривать как угрозы безопасности информации.

Вывод. Предлагается алгоритм, позволяющий получить вероятностную оценку нахождения программы в том или ином состоянии. Для реализации алгоритм требует сбора априорных сведений по программе и затем, на основе получаемых сведений по программе от измерителей, вычисление в реальном времени вероятности нахождения программы с том или ином состоянии.

Литература

1. Никишин А. Проактивная защита как она есть [Электронный ресурс]. - 2014. – Режим доступа: http://www.securelist.com/ru/analysis/170273483/Proaktivnaya_zashchita_kak_ona_est#behaviour, свободный. Загл. с экрана.
2. Казаков, И. Е. Анализ систем случайной структуры / И. Е. Казаков, В. М. Артемьев, В. А. Бухалев . – М. : Физматлит, 1993 .
3. Бухалев, В. А. Распознавание, оценивание и управление в системах со случайной скачкообразной структурой. – М. : Наука, 1996 .
4. Прохоров С.А. Аппроксимативный анализ случайных процессов. – 2-е изд., перераб. и доп./СНЦ РАН, 2001.

А.В. Линьков, М.Е. Гордеева

АНОНИМНОСТЬ И ИНТЕРНЕТ

(Самарский государственный университет)

Современная жизнь невозможна без использования информационных технологий. Одной из таких технологий является Интернет, который прочно вошел в современную жизнь. В некоторых ситуациях, пользователь желает остаться анонимным, с целью защиты личных данных, например, о своем местоположении, паспортных данных, состоянии банковского счета и тому подобном. Под *анонимностью* можно понимать недоступность вышеперечисленных данных для обеспечения личного комфорта и безопасности пользователя сети Интернет. Анонимность пользователя в сети в общем случае можно рассматривать через призму понятий информационной безопасности. В частности, проблемы анонимности имеют отношение к безопасности в сети. В последнее время информационной безопасности личности и ее взаимосвязи с информационной безопасностью государства в постиндустриальном обществе [1, 2] уделяется большое внимание. Проблема анонимности тесно связана с проблемами свободы слова и печати, ограничения распространения информации ограниченного доступа, защиты информации и обеспечения безопасности информационных процессов в глобальных телекоммуникационных сетях, которые сейчас имеют не только теоретическое но большое практическое значение.

Проблемы анонимности в сети можно и нужно подвергать анализу с нескольких направлений. Во-первых, можно выделить правовую и техническую составляющие. Во-вторых, при анализе проблемы с выделенных точек зрения, анонимность в интернете требует учёта непосредственных интересов пользователя, государства и злоумышленника. В данной статье анализируется правовая составляющая выделенной проблемы.

При исследовании механизмов анонимности в сети Интернет необходимо провести анализ основных законов и нормативно-правовых актов, регулирующих отношения между гражданами РФ, в том числе и в сети Интернет, поскольку эти нормы являются основой для правового регулирования взаимодействия пользователей в Интернете (по крайней мере, в Рунете).

Конституция РФ предусматривают основные права и правомочия пользователей сети Интернет:

- право на свободу мысли и слова;
- право на свободу совести и вероисповедания, а так же на распространение религиозных и других убеждений;
- право на принадлежность к любой идеологии и партии;
- право на ознакомление человека с документами, затрагивающими права и свободы;
- право на поиск, хранение, распространение и другие действия с информацией в рамках, заданных федеральными законами;

– право на тайну переписки, почтовых и других сообщений;
– право на свободу прессы [3].

При рассмотрении гарантий гражданам определенных прав и свобод, провозглашенных в Конституции РФ, возникает вопрос о правовых гарантиях анонимности пользователя в Интернете. Конституция на сегодняшний момент не содержит запретительных или обязывающих норм с требованиями указывать персональные достоверные данные физического лица, позволяющие его идентифицировать, при реализации прав субъекта на свободу слова, мысли и вытекающие из них правомочия. Следовательно, пользователь при работе в сети Интернет имеет право на сохранение приватности своих личных данных, относящихся к категории персональных данных, информации и анонимности в случаях, когда соответствующие нормы явно не прописаны в законодательстве РФ (и которые присутствуют в международных правовых актах [4]). В российском законодательстве пока не существует норм, разрешающих органам власти или другим субъектам сбор сведений, в том числе и персональных данных о пользователях и их дальнейшую агрегацию в различные базы данных, как ведомственные (федеральные и муниципальные), так и частные без явного разрешения пользователя, исключение составляют специальные категории персональных данных, перечисленные в 152-ФЗ «О персональных данных» ст. 10. В международном правовом поле используются основные нормативные правовые акты ООН или других международных объединений (например, Совета Европы) [4-7].

Кроме физических лиц, к пользователям сети Интернет можно отнести различные юридические лица – предприятия и организации, которые, в свою очередь, могут являться правообладателями в отношении какой-либо информации. Несоблюдение норм и регламентов работы в Интернет, а, следовательно, нарушение анонимности сотрудниками компании может повлечь за собой как разглашение конфиденциальной информации (к примеру, коммерческой тайны), так и государственной тайны, а также многочисленные нарушения конституционных прав граждан, связанные с анонимностью.

Также пользователями Интернет могут выступать авторы – лица, занимающиеся творческой деятельностью, и юридические лица, обладающие чаще смежными правами. Для них Интернет выступает в качестве средства массовой информации, где объекты авторского права могут быть представлены для ознакомления, как на некоммерческой, так и на коммерческой основе, поэтому, рассматриваемая категория лиц заинтересована в возможности подтверждения своих прав, что противоречит анонимности. В то же время отсутствие анонимности в сети может привести к нежелательным последствиям, как для авторов, так и для потребителей результатов интеллектуального труда. Результаты интеллектуальной деятельности и средства индивидуализации в РФ регулируются нормами ч. IV Гражданского Кодекса РФ.

При анализе проблемы с точки зрения государства, можно заключить, что оно не только защищает права пользователей сети Интернет согласно Конституции, Уголовному Кодексу и другим законам, но и осуществляет противодей-

ствие источникам возможных угроз для общества в целом. К таким угрозам относят терроризм, экстремизм, пропаганду войны, пиратство, хакерство и так далее.

Важно отметить, что государство (его институты), в соответствии, со ст. 12 ФЗ № 148 *не может вмешиваться* в любые действия, совершаемые любым человеком над любой информацией.

Следует отметить, заинтересованность государства в правовом регулировании и контроле над информационными потоками в телекоммуникационных сетях. Проанализировав принятые и готовящиеся к принятию поправки и законы, можно сделать вывод о том, что Государство старается не только защищать своих граждан, но и получать доступ к любой информации о любом гражданине в любой момент времени под различными обоснованиями правомерности своих действий. Этот вывод справедлив для любого государства. В качестве примера можно привести ещё не принятые некоторые поправки к Гражданскому Кодексу Российской Федерации: «*не являются нарушением правил, установленных абзацем первым настоящего пункта, сбор, хранение, распространение и использование информации о частной жизни гражданина в государственных, общественных или иных публичных интересах, а также в случаях, когда информация о частной жизни гражданина ранее* ***стала общедоступной*** *либо была раскрыта самим гражданином или по его воле*».

Исходя из этих поправок, государство наделяет свои институты правом на вмешательство в переписку, переговоры и т. д. неугодных лиц.

Рассматривая данную проблему с позиции злоумышленника, стоит обратиться к Уголовному Кодексу РФ. Злоумышленником концепция анонимности может быть использована и широко используется в корыстных целях. Каждый пользователь, посещая ресурсы в Интернете, так или иначе, оставляет информацию о своей сетевой активности в сети. И если используются платные сервисы, то одной из приоритетных целей для мошенников являются личные данные пользователей. Жертвой мошенника может быть не только частный пользователь, который, к примеру, ввёл номер своей банковской карты, но и крупные организации. Это происходит отчасти и от того, что сегодня доказать факт мошенничества в сети Интернет и причастности к нему какого-либо конкретного человека становится всё сложнее. О наказаниях за мошенничество в компьютерной сфере говорится в ст. 159 УК РФ. В УК РФ глава 28 посвящена преступлениям в сфере компьютерной информации.

Доступ к информации, хранящейся на компьютере, может быть возможен не только напрямую (физический доступ к ресурсу), но и удаленно посредством сети Интернет. Этим и пользуются злоумышленники, так как осуществить проникновение и «замести следы» в Интернет намного легче, чем в реальной жизни, а значит и безопаснее и более привлекательно для потенциального преступника. Возможность анонимности в сети делает преступления в компьютерной сфере более изощрёнными и бесцеремонными .

Не трудно заметить, что в некоторых случаях наказание за уничтожение, блокирование, модификацию или копирование компьютерной информации, по-

влекшее крупный ущерб оказывается несоответственно мягким по сравнению с возможными убытками и наоборот. Судебная практика РФ показывает, что тяжелые меры наказания по ст.272-274 применяются крайне редко. В некоторых случаях требуемое прокурором наказание за совершенное правонарушение чрезмерно, но это компенсируется сложностью ведения оперативно-розыскных и прочих проводимых мероприятий и малым процентом доведенных до логического завершения уголовных дел.

В основном, действия злоумышленников направлены на:

- получение материальных средств;
- получение известности (славы);
- получение конфиденциальной информации с целью последующей её продажи или использования;
- получение конфиденциальной информации с целью её разглашения;
- вывод из строя информационной системы (вандализм).

Объектом атаки злоумышленника могут так же выступать государственные структуры, как федерального, так и муниципального уровней, а также как «своего» так и «чужого» государства. В этом случае целью подобных атак может быть не только получение данных ограниченного доступа, но и разглашение сведений, составляющих государственную тайну. Правовые отношения между пострадавшей стороной (пользователем) и злоумышленником регулирует УК РФ. На сегодняшний день применение норм УК РФ при расследовании компьютерных инцидентов или преступлений в сфере высоких технологий часто упирается в проблему анонимности злоумышленника, и, в этих случаях, анонимность несёт негативную роль в определении – персонификации субъекта, совершившего противоправное деяние и в доказуемости его причастности к преступлению. Кроме того, в УК РФ не отработана не только теоретическая, но и практическая части вплоть до проведения порядка процессуальных действий.

Так же, следует остановиться на проблеме размещения в сети информации, которая может быть рассмотрена как экстремистская. Проблема экстремизма тесно связана с проблемой анонимности. Чаще всего, люди, распространяющие экстремистские взгляды желают остаться анонимными. С одной стороны к экстремистским убеждениям можно отнести какой-либо вид религии или идеологии, которые, как правило, не отличаются терпимостью по отношению к лицам, не поддерживающим данные взгляды. Согласно Конституции [5] РФ и Всеобщей Декларации Прав Человека ООН [4], люди имеют права на распространение подобных взглядов, при условии соблюдения прав и свобод других субъектов. Но, с другой стороны, существует № 144-ФЗ «О противодействии экстремистской деятельности», согласно которому запрещается распространение экстремистской информации. Однако существуют множество дискуссий о том, какую информацию следует относить к экстремизму. Основной вывод из анализа публикаций – любую идеологию, не соответствующую государственной, можно отнести к экстремизму, так как она пропагандирует изменения основ государственного или политического строя. Так же, любое религи-

озное учение можно связать с экстремизмом, так как они разжигают религиозную рознь, утверждая религиозное неравенство или превосходство своих адептов над иными. Очевидно, что подобного рода уточнения экстремистских дефиниций можно в дальнейшем расширить с помощью дальнейших поправок к 144-ФЗ.

Имеет смысл напомнить о Едином реестре запрещённых сайтов, который находится в ведении Роскомнадзора в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 26 октября 2012 года № 1101. В данный реестр вносятся сайты, содержащие информацию, распространение которой в Российской федерации запрещено. Порядок блокировки ресурсов содержащих подобную информацию рассмотрен в ст. 15.3 № 149 - ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации». Данная поправка разрешает досудебную блокировку сайтов, которая производится в случае получения уведомления от федеральных органов государственной власти, органов государственной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, организаций или граждан.

Проанализировав все законодательные акты, упомянутые в данной работе, можно сделать вывод, что законодательство Российской Федерации на текущий момент не перекрывает всех возможных преступлений в компьютерной сфере, имеющих отношение к проблеме анонимности.

В процессе исследования понятия и сущности анонимности с различных позиций (пользователь, государство, злоумышленник), можно придти к некоторым умозаключениям.

Поскольку отношения между данными субъектами регулируются посредством законодательства РФ, существует дисбаланс между интересами среднестатистического пользователя и государства в лице его институтов. Пользователь в определенных случаях очень хочет сохранять анонимность, но одновременно желает быть защищённым от действий злоумышленника и иногда чрезмерной опеки государства. Эту функцию защиты в той или иной мере пользователю-гражданину гарантирует государство. По утверждению государства (его институтов), защита пользователей, а также ведение следственно-розыскных и судебных мероприятий станет существенно эффективнее при изменении и усовершенствовании законодательных основ, направленных на ограничение анонимности в обществе, а именно, на отмену (частичную или полную) возможной анонимности в сети Интернет, что, однако противоречит неизменяемым статьям Конституции РФ и основным международным актам [3-7].

Законодательная основа нигде, никогда не обеспечит абсолютную безопасность для пользователя в современном быстро меняющемся технологическом мире, следовательно, сам пользователь должен осознавать риск использования компьютерных технологий и уметь защищать свою анонимность и свои компьютерные ресурсы самостоятельно.

Литература

1 Белл, Д. Грядущее постиндустриальное общество [Текст] / Д.Белл. - М.: *Basic Books*, 2001. – 578 с.

2 Петров В. П., Петров С. В. Информационная безопасность человека и общества: учебное пособие. – М. : ЭНАС, 2007. – 336 с.

3 Конституция Российской Федерации. Принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 года. С изм. 6-ФКЗ, 7-ФКЗ от [Текст] // Российская газета, 21.01.2009,. – Федеральный выпуск №7

4 Всеобщая декларация прав человека [Электронный ресурс] - Режим доступа: *http://constitution.garant.ru/act/right/megdunar/2540400/,* свободный - Яз., рус. – Загл с экрана.

5 Международный пакт о гражданских и политических правах [Электронный ресурс] - Режим доступа: *http://constitution.garant.ru/act/right/megdunar/2540400/*, свободный - Яз., рус. – Загл с экрана.

6 Конвенция о защите прав человека и основных свобод ETS N 005 [Электронный ресурс] - Режим доступа: *http://constitution.garant.ru/act/right/megdunar/2540400/*, свободный - Яз., рус. – Загл с экрана.

7 Хартия социальных прав и гарантий граждан независимых государств. [Электронный ресурс] - Режим доступа: *http://constitution.garant.ru/act/right/megdunar/2540400/*, свободный - Яз., рус. – Загл с экрана.

Д.В. Литвинов

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ КЛАССИФИКАЦИИ ВРЕДОНОСНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ГРАФА ПОТОКА ВЫПОЛНЕНИЯ

(Центр специальных разработок Министерства Обороны РФ)

Введение

Вредоносное ПО представляет серьезную угрозу для современных компьютерных систем. Все вредоносные программы можно разделить на семейства со схожей функциональностью. Целью классификации вирусов является как поиск новых семейств, так и определение принадлежности образца к уже существующему семейству.

В данной работе сравнивается эффективность двух стратегий классификации с целью поиска наиболее оптимального в смысле некоторого критерия. Под стратегией классификации в дальнейшем будем понимать способ определения расстояния между графами (с помощью марковских цепей и расстояния редактирования) и алгоритм кластеризации набора вредоносных программ на семейства (метод k средних и DBSCAN).

Выбор оптимальной стратегии классификации происходит по критериям минимума количества ошибок классификации программы на семейства и количества ошибок детектирования вредоносного ПО.

1. Построение графа потока управления

Сначала проведем статический анализ и построим граф вызовов функций, начав обход с точки входа в программу. Для каждой функции построим графы потока управления. Объединив граф вызовов функций и графы потоков управления функций получим граф потока управления программы [2]. Для статического анализа и построения графа потока управления используется Ida Pro Free Edition 5.0.

Статический анализ обладает хорошим покрытием кода, но он не может отслеживать переходы по адресам, которые вычисляются динамически во время выполнения программы. Избежать эту проблему помогает динамический анализ. Анализатор переходит на требуемые ветки графа, содержащие необработанные переходы, изменяя значения регистра RIP/EIP и регистра флагов процессора. Предполагается, что функции, на которые будет совершен переход, были найдены на этапе статического анализа, и по ним уже построен граф потока управления. Для динамического анализа используем инструментацию программы с помощью библиотеки PIN.

2. Построение классификаторов

В результате статического и динамического анализа программы был получен граф потока управления. Определим функции близости между графами *G* и *H* на основе расстояния редактирования и марковских цепей.

Для определения функции близости на основе расстояния редактирования будем сравнивать графы вызов функций, полученные из междпроцедурного графов потоков управления. Представим граф вызов функций в виде маркированного графа, где каждой вершине соответствует определенная функция. Расстояние редактирования между двумя графами G и H можно определить [3] как

$$\lambda_f(G,H) = VC(G,H) + FC(G,H) + EC(G,H),$$

где $VC(G,H)$ - число операций удаления и вставки вершин, $EC(G,H)$ - число несохранившихся ребер, $FC(G,H)$ - число несовпавших имен внешних функций. На практике за приемлемое время можно рассчитывать расстояния редактирования только для небольших графов (менее 50 вершин) [1]. Поскольку размеры графа потока управления программы существенно больше, попытаемся аппроксимировать расстояние редактирования с помощью алгоритма имитации отжига [4]. Определим *функцию близости* двух графов *G* и *H*:

$$\sigma_E(G,H) = \frac{\lambda_f(G,H)}{|V(G)| + |V(H)| + |E(G)| + |E(H)|}, \quad (1)$$

где $V(G)$ – множество вершин, $E(G)$ – множество ребер графа.

Построим марковскую цепь, узлами которой будут классы инструкций, а весом ребра - вероятность перехода между инструкциями, рассчитываемыми по графу потока управления. Пусть $A = \|a_{ij}\|$ - матрица, элементами которой яв-

ляются веса ребер полученного графа. Тогда определим *функцию близости* между двумя графами G и H как:

$$\sigma_M(G,H) = \frac{\Sigma_{i,j}\left(a_{ij}^G - a_{ij}^H\right)^2}{\Sigma_{i,j}\left(a_{ij}^G + a_{ij}^H\right)^2}, \quad (2)$$

3. Кластеризация на семейства

Для автоматического построения базы сигнатур семейств вредоносного ПО проведем кластеризацию программ из обучающей выборки по полученным графам потока управления по алгоритмам k средних и DBSCAN. В качестве расстояния между элементами будем использовать введенные ранее функции близости (1) и (2).

В алгоритме k-means мы предполагаем, что возможно провести кластеризацию и получить хорошо разделенные кластеры с четким центром. Но следует учитывать, что вредоносное ПО эволюционирует со временем. N-ая версия ПО будет похожа на n+1 версию, но совсем не обязательно, чтобы она была похоже на версии, далеко отстоящие от n-ой. Из этого следует что образцы вредоносного ПО совсем не обязательно будут образовывать кластеры, сферически располагающиеся вокруг одной точки. Потребуется отбрасывать образцы, для которых неясно к какому кластеру они принадлежат и рассматривать несферические кластеры. Это приводит нас к алгоритму пространственной кластеризации на основе плотности распределения с шумом DBSCAN [3].

В результате кластеризации была получена база сигнатур семейств вредоносного ПО. Элементы тестовой выборки классифицируются по методу ближайшего соседа на заранее полученные семейства вредоносного ПО.

Введем порог m для функций близости (1) и (2), при превышении которого программа не соотносится ни с одним кластером и будет соответствовать безопасному ПО.

4. Анализ результатов эксперимента

В основе тестовой выборки лежат 10 программ, написанных на C/C++ под ОС Windows 7 и скомпилированные под архитектуру x86. Все программы были протестированы на антивирусном ПО Kaspersky Internet Security 2013 и были им классифицированы как потенциально опасные. С помощью обфускации из каждой было получено по 20 программ. 100 из них составили обучающую выборку и 100 вошли тестовую. В качестве невредоносных программ для тестовой выборки были взяты 100 исполняемых файлов из системных папок ОС Windows.

В качестве параметров кластеризации возьмём [3]: MinPts=3, Rad=0,3, k=10. Точность классификации вредоносного ПО на семейства рассчитаем по формуле (как процент правильно классифицированных образцов ко всем обработанным):

$$P = \frac{1}{n}\sum_{c=1}^{n}\frac{a_{c,c}}{\Sigma_{i=1}^{n} a_{c,i}},$$

где a_{ij} обозначают число программ из семейства i отнесенных в кластер j .

Таблица 1

Алгоритм	P, %
K-means + MED	84,0
K-means + Markov chains	74,0
DBSCAN + MED	87,66
DBSCAN + Markov chains	78,27

Как видно из таблицы 1, наиболее точную классификацию дает алгоритм DBSCAN вместе с функцией близости по расстоянию редактирования (MED). При этом классификация по алгоритму k средних хуже, чем по алгоритму DBSCAN, а использование функции близости по марковской цепи дает худшие результаты, чем по функции близости по расстоянию редактирования.

На рисунке 1 представлена зависимость количества образцов вредоносного и безопасного ПО, взятых из тестовой выборки, от расстояния до ближайшего кластера для DBSCAN + MED. По оси абсцисс расположены значения функции близости до ближайшего кластера, по оси ординат – количество программ на данном расстоянии. Исходя из графиков, выберем оптимальное значение порога m, когда количество безопасного ПО будет превышать количество вредоносных ПО на заданном расстоянии.

На основании найденных порогов точность детектирования вредоносного ПО представлена в таблице 2 и рассчитана по формулам:

1) $P_{FN} = \frac{N_{FN}}{N} * 100\%$ – процент ошибок 2 рода;

2) $P_{FP} = \frac{N_{FP}}{N} * 100\%$ – процент ошибок 1 рода;

3) $P_T = \frac{N - N_{FN} - N_{FP}}{N} * 100\%$ – точность классификации,

Полученные результаты детектирования вредоносного ПО позволяют судить о том, что эволюционная модель развития ПО дает более точные результаты.

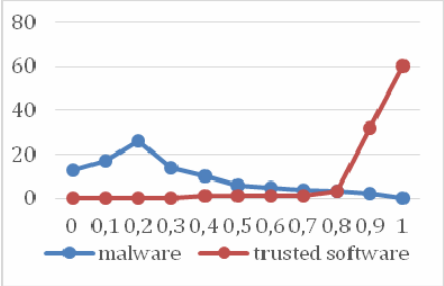


Рис. 1

Таблица 2

Алгоритм	P_T ,%	P_{FP} ,%	P_{FN} ,%
K-means + MED	94,5	3,5	2,0
K-means + Markov chains	87,5	9,0	3,5
DBSCAN + MED	95,5	3,0	1,5
DBSCAN + Markov chains	90,0	7,5	2,5

Заключение

В данной работе исследованы две стратегии классификации вредоносного ПО по графу потока выполнения. Разработана методика построения графа потока выполнения, с помощью статический и динамический анализа. Рассмотрены два расстояния близости между графами (расстояние редактирования и на основе марковских цепей) и на их основе построены два алгоритма кластеризации: k-means и DBSCAN. Экспериментальные исследования показали, что модель эволюционного развития вредоносного ПО вместе с расстоянием близости графов, построенным на основе расстояния редактирования, является более оптимальной и дает лучшие результаты.

Литература

1. Large-scale malware indexing using function-call graphs / Hu, Xin, Tzicker Chiueh, and Kang G. Shin // In *Proceedings of the 16th ACM conference on Computer and communications security.* – 2009. - P. 611-620.

2. Efficient Virus Detection Using Dynamic Instruction Sequences / Dai, Jianyong, Ratan Guha, and Joohan Lee // *Journal of Computers*. – 2009. - Vol. 4, № 5.

3. Malware classification based on call graph clustering / Kinable, Joris, and Orestis Kostakis // *Journal in computer virology.* – 2011. – Vol. 7, №4. – P. 233-245.

4. Improved call graph comparison using simulated annealing / Kostakis, Orestis, Joris Kinable, Hamed Mahmoudi, and Kimmo Mustonen // In *Proceedings of the 2011 ACM Symposium on Applied Computing.* – 2011. – P. 1516-1523.

И.И. Набиев, И.М. Шаяхметов

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ ОТ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ)

Образование электромагнитного излучения от электронных средств (ЭС), связано с изменением тока или напряжения в электрических цепях при переключениях элементов [1]. Основной сложностью проведения экспериментальных измерений электромагнитного излучения от ЭС является необходимость в полубезэховой камере. Полубезэховая камера - экранированное помещение, внутренние поверхности которого покрыты поглощающим электромагнитные волны материалом, за исключением пола (пластины заземления), который должен отражать электромагнитные волны [2]. Данное оборудование имеет очень высокую цену и имеется в наличие у ограниченного количества организаций.

Целью данной работы является разработка простой экспериментальной методики и анализ электромагнитного излучения от ЭС на месте его эксплуатации. В качестве примера ЭВС используются персональные компьютеры.

Для экспериментальных исследований применяется оборудование - приемник селективный измерительный РИАП 1.8 [3]. Диапазон рабочих частот данного прибора - 9кГц - 1,8ГГц. Основная погрешность измерения уровня – не более ± 2,5 дБ. Непосредственным приемником электромагнитных полей является антенна пассивная логопериодическая ЛПА-1 [4]. Диапазон рабочих частот – 300МГц - 1,8ГГц.

В рамках данной работы, для анализа электромагнитных излучений от ЭС, предложена следующая простая методика:

1. Выключить все источники электромагнитных излучений в области (комната, несколько комнат, этаж и т.д.), где эксплуатируются ЭС, излучение которых необходимо измерить.

2. Провести экспериментальные исследования электромагнитной обстановки в области эксплуатации ЭВС. При этом точки измерений, ориентация антенны и др. параметры могут варьироваться в соответствии с установленными требованиями к измерениям и не должны изменяться в течение последующих исследований.

3. Включаем одно или несколько ЭС, излучение которых необходимо измерить.

4. Проводим экспериментальные исследования электромагнитной обстановки в области эксплуатации ЭВС.

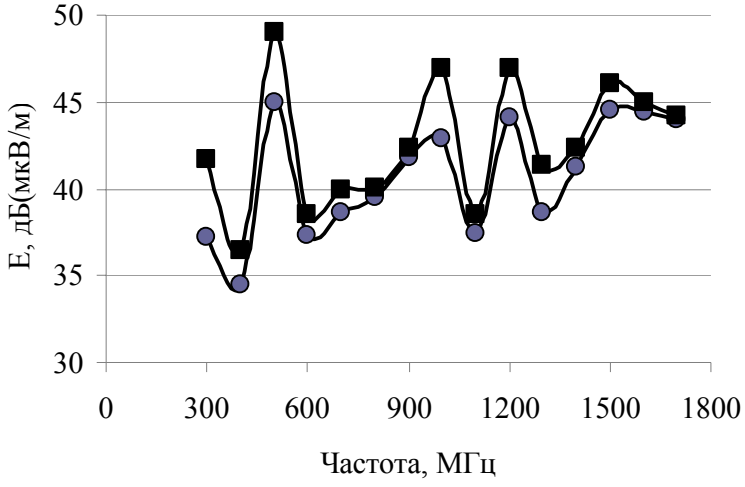
5. Вычитаем полученные результаты измерения электромагнитного излучения без включенных источников из результатов, полученных при включенных (одного или нескольких) ЭС на соответствующих частотах.

6. Повторяем измерения по п. 2 и п .4 до получения воспроизводимых результатов.

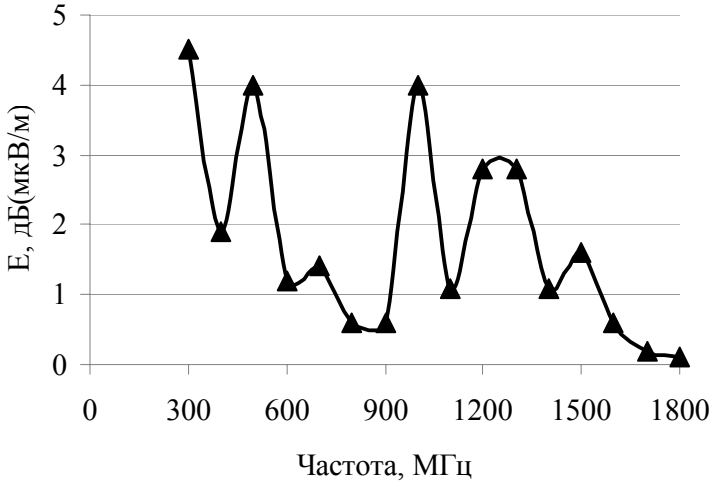
Таким образом, данная методика позволяет в целом оценить уровень электромагнитных излучений от ЭВС в области их эксплуатации. Конечно, необходимым условием для реализации данной методики является предположение о том, что внешняя электромагнитная обстановка (т.е. когда ЭС, электромагнитные излучение которых необходимо измерить) изменяется несущественно в течение выполнения измерений. Для повышения достоверности и воспроизводимости результатов можно рекомендовать повышение количества многократных повторений измерений.

Пример измерения электромагнитных излучений от нескольких ЭС (8 шт. персональных компьютеров) представлен на рис. 1. Измерения проведены в одном из лабораторий КНИТУ-КАИ.

Таким образом, в соответствии с предложенной методикой, можно предположить, что электромагнитное излучение от ЭС, в данном случае, составляет величину, равную разнице между напряженностью электромагнитного поля с выключенными и включенными персональными компьютерами.



а)



б)

Рис. 1. Измерение электромагнитного излучения от ЭС
(а – при всех выключенных и включенных персональных компьютерах;
б – разница между данными двумя случаями)

Литература

1. ГОСТ Р 51318.22-99 Совместимость технических средств электромагнитная. Радиопомехи индустриальные от оборудования информационных технологий. Нормы и методы испытаний. М.: Изд-во стандартов, 2001. 36 с.

2. ГОСТ Р 51319-99 Совместимость технических средств электромагнитная. Приборы для измерения индустриальных радиопомех. Технические требования и методы испытаний. М.: Изд-во стандартов, 2001. 57 с.

3. Приемник измерительный РИАН 1.8. Формуляр. Техническое описание. Руководство по эксплуатации. Н.Новгород, 2009. 30 с.

4. Антенна пассивная логопериодическая ЛПА-1. Техническое описание. Руководство по эксплуатации. Н.Новгород, 2009. 20 с.

С.Я. Новиков

ВОССТАНОВЛЕНИЕ СИГНАЛА ПО МОДУЛЯМ КОЭФФИЦИЕНТОВ

(Самарский государственный университет)

В 2006 году доказана принципиальная возможность восстановления сигнала (с точностью до унимодулярного множителя) по модулям (абсолютным значениям) коэффициентов представления по избыточным системам (фреймам) [1].

В общем виде задача ставится так. Задан вектор-сигнал как элемент конечномерного евклидова (унитарного) пространства $x \in H$ и некоторая система т.н. «измерительных векторов» φ_n. Требуется восстановить по модулям (абсолютным значениям, если решается задача над вещественным полем) чисел $< x, \varphi_n >$.

В англоязычных статьях такую задачу называют проблемой «Phase Retrieval». Умножение сигнала на унимодулярную константу не изменяет абсолютные значения, поэтому поиск сигнала в такой постановке задачи ведется с точностью до унимодулярного множителя.

Для пространства над вещественным полем найдено характеристическое свойство системы векторов, обеспечивающее инъективность отображения:

Вектор $\rightarrow$ набор модулей коэффициентов,

это свойство альтернативной полноты, когда каждое подмножество системы или его дополнение полно в пространстве. Для пространства над комплексным полем пока не найдено эффективного критерия, хотя примеры систем, по которым восстановление возможно, найдены. Активно ведутся поиски алгоритмов восстановления.

Литература

1. Balan R., Casazza P., Edidin D. *On signal reconstruction…* Applied Computations and Harmonic Analysis. 20 (2006). PP. 345-356.

И.А. Носаль

ОСОБЕННОСТИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ СОЦИАЛЬНО ВАЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

(Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН)

Под социально-важным объектом (далее – СВО) в данной работе будем понимать социально ответственный институт, не входящий в систему органов государственной власти и не являющийся государственным учреждением, основной целью которого является предоставление социально значимых государственных услуг и обеспечение прав граждан, прерывание работы которого может привести к нарушению стабильности в обществе и нормальных условий жизнедеятельности населения. Примеры таких организаций – Фонд социального страхования, Фонд обязательного медицинского страхования, Пенсионный фонд Российской Федерации. Все эти организации по форме образования и расходования денежных средств являются внебюджетными государственными фондами, имеют схожие цели, задачи, принципы работы, административно- управленческую структуру и являются крупнейшими операторами персональных данных.

Информационная безопасность СВО – это одно из главнейших условий надлежащего предоставления СВО качественных государственных услуг, является частью системы национальной безопасности и внутренней политики, а также влияет на безопасность личности, общества и государства. Для государства обеспечение информационной безопасности СВО – гарантия надлежащего исполнения своих функций (обязательств перед населением).

В отличие от государственной безопасности, для обеспечения информационной безопасности СВО предоставляется значительно меньше инструментов и ресурсов, однако предъявляется достаточно много требований, как со стороны государства, так и со стороны населения. Поэтому мы можем назвать информационную безопасность (ИБ) СВО системой с множеством взаимозависимых субъектов и объектов защиты, где каждый субъект может быть классифицирован исходя из задач, которые он решает с помощью СВО, а значит требований, которые он предъявляет к ИБ СВО и актуальным для него объектам защиты.

Основное отличие ИБ СВО – это частичная принадлежность к системе обеспечения государственной безопасности. Во-первых, это слияние и наследие принципов и способов ИБ, используемых при обеспечении государственной безопасности, частично надиктовываемая политика в отношении ИБ СВО, а во-вторых жесткий контроль государственных регуляторов. При этом, отсутствует представление, о том какой вообще должна быть система информационной безопасности СВО. Основным подходом, который используется при построении ИБ СВО становится выполнение требований регуляторов, что недостаточно для комплексного обеспечения информационной безопасности,

поскольку требования разрабатываются без учета особенностей организации (специализации), зачастую противоречивы, в основном охватывают узкий перечень защищаемых ресурсов и, поскольку технический прогресс вносит свои коррективы быстрей, чем регулирующий орган в законодательство, устаревают.

Требования разных регуляторов часто дублируются или вступают в противоречие друг с другом. Как следствие, это грозит нарушениями или затруднением деятельности СВО, увеличением нагрузки на персонал, усложнением документооборота, дублированием документации, мер и методов защиты. Главный недостаток этого решения – отсутствие комплексного подхода, что может привести к появлению «дыр» в системе защиты, утечкам защищаемой законом информации и нарушению непрерывности (останову) основных производственных процессов. Разработка отраслевого стандарта значительно продвинула бы развитие ИБ СВО и этот вопрос по вышеуказанным причинам требует активного участия со стороны государства и поддержки профессионального сообщества.

То, какой будет структура системы информационной безопасности организации, определяет в большей степени отношение организации к состоянию «безопасности». К примеру, для государственной безопасности отсутствие контроля над защищаемым объектом на какой угодно малый промежуток времени уже является реализованной атакой (значимым инцидентом равносильным утечке). Не требуется доказательство факта утечки, достаточно одного только подозрения в этом, т.е. бесконтрольного пребывание объекта.

Для автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУ ТП) важно – был ли факт нарушения производственного процесса и насколько критичны последствия (причинён ущерб только установке, зданию, заводу, концерну, региону, государству, населению). Для банковского сектора важно наличие огласки инцидента (репутация) и размер денежных потерь банка (насколько он критичен), вне зависимости от того, была ли реализована или остановлена атака (угроза). Для СВО важно – был ли нанесен в результате ущерб населению или государству (прямой или косвенный) и его размер.

Для коммерческой организации риск-менеджмент подход соответствует ценностям бизнеса – сами по себе расходы (ущерб от реализации атаки) не являются чем-то негативным, при условии, что расходы не должны превышать доходы. То есть, мы пытаемся предотвратить нанесение ущерба только тогда, когда его предотвращение стоит дешевле, чем его реализация.

Государственная безопасность оперирует другими понятиями о безопасности: тут либо ноль, либо единица – неопределенность и вероятностный подход не годится, но это для СВО очень дорогостоящий подход. В отличие от государственной безопасности, для обеспечения информационной безопасности СВО предоставляется значительно меньше инструментов и ресурсов.

У СВО отличное от вышеназванных организаций понимание «информационной безопасности». Риск-менеджмент вполне приемлем для СВО, если не брать во внимание, что здесь ущерб рассчитывается не по отношению в СВО, а по отношению к его клиентам (остановка/нарушение работы самого СВО наносит ущерб населению). Что сделать сложнее настолько, насколько сложнее определить ценность той или иной информации для каждого конкретного человека и обобщить этот показатель.

Следует отметить, что СВО очень подвержены атакам третьего поколения как находясь в положении жертвы, так и будучи задействованным в качестве третьего лица (посредника). В ситуации, когда СВО подвергается атаке третьего поколения, урон информационным ресурсам СВО может быть не на нанесен вовсе, однако репутационные риски могут быть очень велики.

Поскольку информационная безопасность СВО защищает интересы населения, все риски, в том числе и репутационные, и нанесенный ущерб мы должны рассчитываться в отношении населения, чего мы сделать не можем, а значит репутационные риски для СВО не характерны. С другой стороны, СВО являясь инструментом государственного регулирования социальной жизни страны, воспринимается населением как орган государственной власти и отношение населения к СВО имеет прямое влияет на репутацию государства и состояние национальной безопасности. В этом разрезе сохранение положительной репутации СВО очень важно в рамках внутренней безопасности государства.

Существует также дополнительное следствие - восприятие СВО населением как части государственной власти приводит к тому, что репутация государственной власти в равной степени распространяется на СВО. К примеру, если какой либо из органов понес репутационный ущерб и потерял определенный процент доверия населения, эта потеря скажется на всей системе государственной власти и СВО в том числе.

Такой специфичный подход к оценке ущерба СВО накладывает определенные ограничения при обосновании управляющих решений по обеспечению ИБ СВО.

Литература

1. Фазлутдинова Э. Сплошной мониторинг // «Я работаю в ПФР». 2013. № 4/50. С. 4

2. Бондарева Н. Владельцы ситуации // «Я работаю в ПФР». 2011. № 3/3. С. 3

3. Евдокимова А. АИС – технологическая азбука ПФР // «Я работаю в ПФР». 2012. № 10/40. С. 1-2

4. Brotby K. Information security governance. A Practical Development and Implementation Approach - Hoboken: John Wiley & Sons, Inc., 2009 – 185 s.

5. Грибунин В.Г., Чудовский В.В. Комплексная система защиты информации на предприятии. – М.: Издательский центр «Академия». 2009. 416 с.

6. Security threat modeling and analysis: a goal-oriented approach. Ebenezer A. Oladimeji, Sam Supakkul, Lawrence Chung//Режим доступа: - http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10 .1.1.103.2997&rep=rep1&type=pdf

7. Миронов В. В., Носаль И.А. Моделирование и оценка системы обеспечения информационной безопасности на примере ГОУ ВПО «СыктГУ» // Информация и безопасность. 2011. № 2. С. 209–211.

8. «Методика определения актуальных угроз безопасности персональных данных при их обработке в информационных системах персональных данных», утверждена зам.директора ФСТЭК России от 14.02.2008

9. ГОСТ Р ИСО/МЭК ТО 13335-3 – 2007 Руководство по управлению безопасностью информационных технологий. Часть 3. Методы управления безопасностью информационных технологий; Введ. 01.09.2007. – М.: Стандартинформ, 2006 -49с.

10. Корт С.С. Теоретические основы защиты информации: Учебное пособие. – М.: Гелиос АРВ, 2004. – 240 с. // Хоффман, Л. Д. Современные методы защиты информации / Л. Д. Хоффман; под ред. В.А. Герасименко. М.: Сов. радио, 1980. — 264 с.

Р.М. Пасечник, О.И. Барсуков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ DNS-ЗАПРОСОВ В КАЧЕСТВЕ СРЕДЫ РЕАЛИЗАЦИИ СКРЫТОГО КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

(Кубанский государственный технологический университет)

В настоящее время одной из актуальных угроз обеспечения информационной безопасности в автоматизированных системах является использование злоумышленниками скрытых каналов передачи информации в открытых компьютерных системах (в том числе в сетях связи общего пользования). Необходимо констатировать факт, что проблематике использования скрытых каналов в сетях передачи данных не уделяется необходимого внимания.

В данной статье рассматривается вопрос использования DNS-запросов в качестве среды для создания нетрадиционного (скрытого) канала передачи информации. Реализация данного способа передачи данных основывается на технологии «туннелирования» TCP/IP трафика по средству DNS-запросов, т.е. инкапсуляции TCP/IP трафика в DNS-запросы.

В настоящий момент, данный метод рассматривается мировым ИТ-сообществом только с целью получения доступа в глобальную сеть Интернет через Wi-Fi сети в обход авторизации пользователей на web-форме*.

Помимо безвредного, на первый взгляд, доступа в сеть Интернет (но уже по сути являющимся правонарушением), данной технологией могут пользоваться злоумышленники, для достижения таких целей как:

* Такой метод авторизации в основном применяется для обеспечения коммерческого доступа в сеть Интернет в аэропортах, гостиницах и др. общественных местах

– передача конфиденциальных данных из защищенного контура организации, минуя установленные на периметре локальной вычислительной сети организации средства и системы защиты информации;
– установка вредоносного программного обеспечения внутри защищенного контура организации;
– управление элементами ботнет-сетей для организации DDoS-атак (распределенная атака, направленная на нарушение такой характеристики информации как «доступность»);
– и пр.

Использование стандартных DNS-запросов для реализации поставленных выше задач позволяет обходить стандартные системы межсетевого экранирования, обнаружения и предотвращения вторжений, по причине того, что инкапсулированная в DNS-трафик информация не подвергается контентному анализу и инкапсулированные в DNS-трафик TCP/IP-пакеты консолидируются за системой защиты информации (внутри защищенного контура организации).

Для реализации данного способа передачи информации необходимы следующие компоненты:
– авторитарный DNS-сервер со своим собственным доменом (данный компонент выполняет роль сервера управления в создаваемом «DNS-туннеле»);
– программное обеспечение, обеспечивающие согласованную работу с DNS-сервером (данный компонент осуществляет мониторинг входящих DNS-пакетов в фоновом режиме и поддерживает постоянный «туннель» с авторитарным DNS-сервером);
– клиентское программное обеспечение, инициирующее запросы к авторитарному DNS-серверу (данный компонент осуществляет инкапсуляцию TCP/IP-пакетов в DNS-трафик при передачи информации из защищенного контура организации, а также консолидацию TCP/IP-пакетов при получении инкапсулированного трафика)

На данный момент существует ряд свободно распространяемых (Open Source) решений для создания «DNS-туннеля», что существенно облегчает злоумышленникам возможность построения скрытого канала передачи информации.

Схема сети, в которой возможно использование DNS-запросов в качестве скрытого канала передачи информации представлена на рисунке 1.

Процедура реализации скрытого канала передачи информации по средствам DNS-запросов:

1. АРМ злоумышленника с помощью клиентского программного обеспечения осуществляет запрос на авторитарный DNS-сервер для инициализации соединения с внешним сервером злоумышленника;

2. авторитарный DNS-сервер подтверждает/отклоняет полученный запрос от АРМ злоумышленника;

3. в случае подтверждения авторитарным DNS-сервером полученного запроса – осуществляется создание «DNS-туннеля» между АРМ злоумышлен-

ника и сервером злоумышленника (при этом, между сервером злоумышленника и авторитарным DNS-сервером «DNS-туннель» существует постоянно);

4. в DNS-запросы, отправляемые с АРМ злоумышленника инкапсулируются TCP/IP-пакеты, которые консолидируются на сервере злоумышленника;

5. внешний сервер злоумышленника отправляет информацию (в виде инкапсулированного трафика) на АРМ злоумышленника, на котором он в дальнейшем консолидируется.

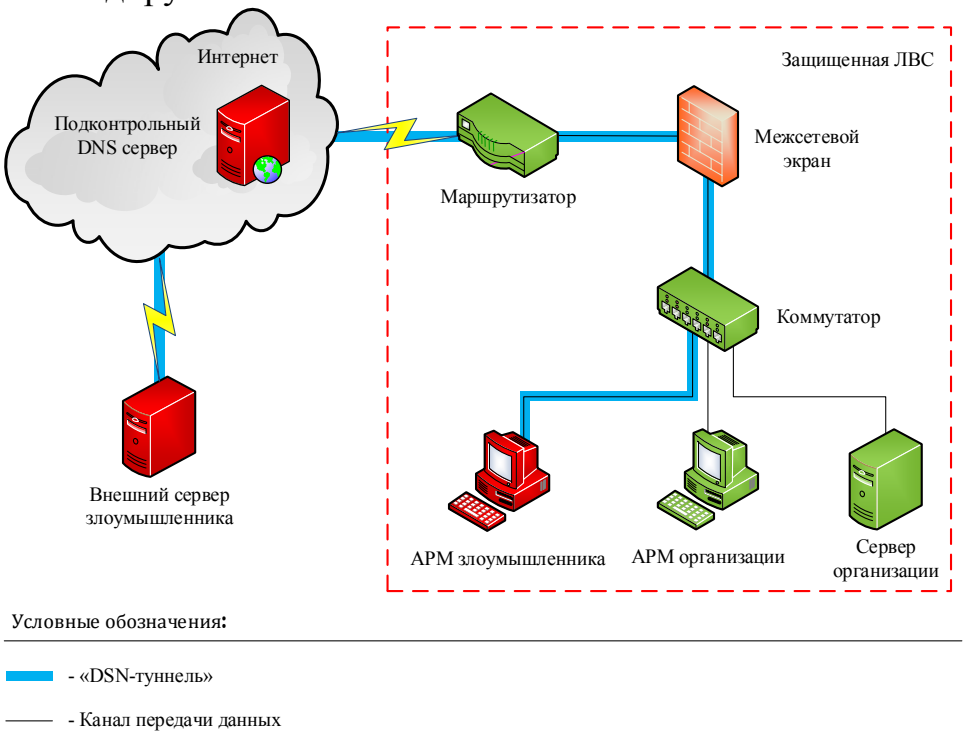


Рис. 6. Пример схемы сети реализации скрытого канала

Таким образом, АРМ злоумышленника имеет двустороннюю связь со своим сервером по средству скрытого канала передачи информации по средству «DNS-туннеля».

Так как структура DNS-запроса позволяет использовать 263 символа для имени хоста и до 63 символов для каждого субдомена, это дает возможность использовать достаточно большой объем инкапсулированного трафика.

Структура DNS-запроса, а также места расположения инкапсулированного в нем трафика представлена на рисунке 2.

Скорость передачи данных полученного скрытого канала передачи информации, определенная экспериментальным путем, достигает 110 Кб/сек и задержка при передачи информации составляет 150 мс. Данной ширины канала достаточно, например для: управления зараженным компьютером, передачи конфиденциальных данных минуя установленные средства защиты информации, чтения html-страниц и др.

Таким образом, в результате проведенных исследований, было выявлено, что реализация скрытого канала передачи данных, используя в качестве среды передачи данных DNS-запросы, возможна.. Предположительно, исследованный скрытый канал передачи данных можно нейтрализовать, применив дополни-

тельные средства защиты информации. Исследование возможностей существующих методов и средств защиты информации, а также их доработка в случае неудовлетворительных результатов, на предмет возможности противодействия скрытым каналам передачи информации данного типа является темой будущих исследований.

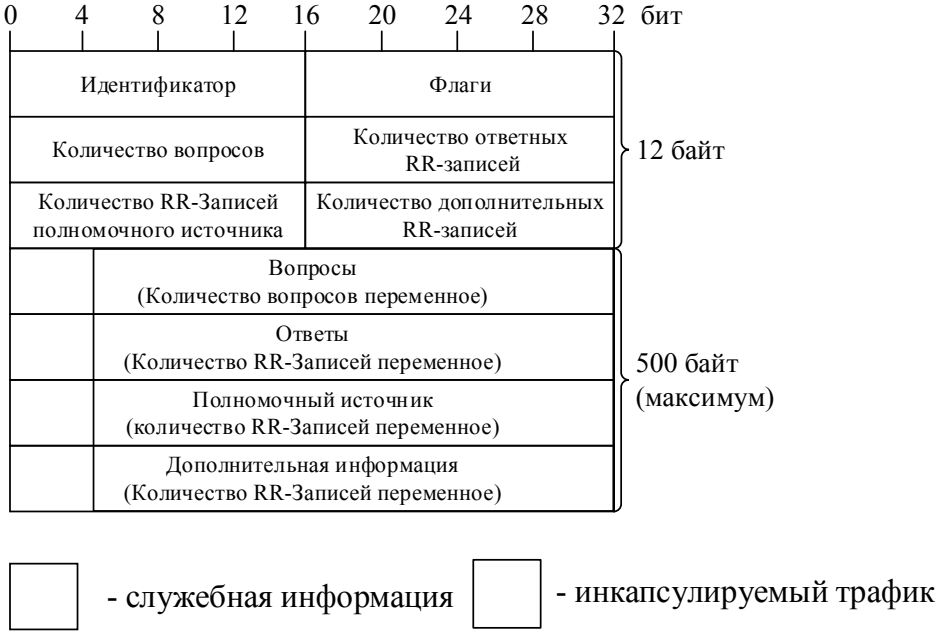


Рис. 2. Структура DNS-запроса

Литература

1. ГОСТ Р 53223.1-2008. Информационная технология. Защита информационных технологий и автоматизированных систем от угроз информационной безопасности, реализуемых с использованием скрытых каналов. Часть 1. Общие положения. – Введ. 2009-09-30. – М. : Изд-во стандартов, 2008, 12 с.

2. ГОСТ Р 53223.2-2009. Информационная технология. Защита информационных технологий и автоматизированных систем от угроз информационной безопасности, реализуемых с использованием скрытых каналов. Часть 2. Рекомендации по организации защиты информации, информационных технологий и автоматизированных систем от атак с использованием скрытых каналов. – Введ. 2009-12-01. – М. : Изд-во стандартов, 2008, 12 с.

3. Безукладников И.И. Скрытые каналы в распределенных автоматизированных системах / Безукладников И.И., Кон Е.Л. – Уфа: УГАТУ, 2010. - с. 245 – 250.

Д.И. Тихонов, А.В. Дорфман

ПРИМЕНЕНИЕ PROGRAM SLISING В ЗАДАЧАХ REVERSE ENGINERRING

(Самарский государственный технический университет)

Reverse engineering (или обратная разработка, далее RE) –давно применяемая техника низкоуровневого исследования программ. RE в основном ис-

пользуется для анализа программ без исходных текстов. RE так же применяется как инструмент восстановления программных алгоритмов из проприетарного программного обеспечения для создания его дальнейших бесплатных аналогов. В компьютерной безопасности RE чаще всего применяется как инструмент исследования программных продуктов на наличие уязвимостей.

Большинство задач RE не зависят от конечной цели применения, а остаются общими для всего процесса обратной разработки, будь то анализ ПО на наличие уязвимостей, либо же восстановление программного алгоритма. Говоря о задачах, которые встают перед исследователями во время процесса обратной разработки, можно выделить следующие:

1) нахождение целевого алгоритма

2) нахождение структур данных, которые обрабатываются целевым алгоритмом

3) нахождение зависимостей процесса обработки от поступивших на вход целевого алгоритма данных

Выделенные задачи носят ключевой характер в процессе исследования программного обеспечения на предмет безопасности, поскольку именно благодаря их решению возможна локализация, дальнейший анализ и понимание исключительно тех участков программного обеспечения, которые потенциально могут содержать ошибки и возможные уязвимости.

Упоминая об анализе программного обеспечения на выявление уязвимостей стоит так же отметить тенденцию постоянного роста объемов программного кода, который используется при написании современного ПО, в особенности промышленного и проприетарного. В таких условиях, когда даже при одном запуске исследуемой программы выполняются огромные объемы машинного кода одним из важных факторов успешного применения RE встает так же задача автоматизации процессов обратной разработки.

Одним из подходов к автоматизации процессов RE, так же позволяющим решать некоторые из ключевых задач, является технология program slicing. Program slicing (программный срез, далее PS) – это метод автоматической декомпозиции программ, реализуемый благодаря анализу потока данных и потока управления программы.[1]

Основная идея данной технологии заключается в выборке из целевой программы только тех вычислений, которые участвовали в формировании определенной переменной. Выбор оператора, который формирует эту переменную и самой переменной называется slicing criterion (критерий среза).[2] Такая усеченная версия исследуемой программы, которая воспроизводит поведение оригинальной программы при вычислении определенной переменной, удовлетворяющей критерию среза, называется слайсом или срезом исследуемой программы.[2] Процесс построения усеченной версии оригинальной программы называется слайсингом или срезом программы. Слайсы представляют собой мысленную абстракцию над исследуемой программой, которая помогает исследователю сконцентрироваться исключительно на определенном аспекте семантики вычислений исследуемой программы.[1]

Слайсинг может быть реализован на базе статического и динамического анализа программного кода. Подход, реализующий наблюдение за программой во время её выполнения, называется динамический анализ (dynamic analysis).[] В противоположность ему существует так же подход работающий над всем её статическим кодом и получивший название статический анализ (static analysis).

Существует важное различие между статическим и динамическим слайсингом программы. Статический слайсинг производится независимо от ввода, поступившего в программу над её статическим кодом, в то время как динамический слайс строится во время выполнения программы на основе поступившего ввода.[2]

Для построения статических слайсов существует несколько подходов, первый из которых (предложенный Майком Вейсером [1] в 1984 году) предполагает последовательную выборку из кода программы множества транзитивно зависимых операторов, в соответствии с зависимостями по данным и потоку управления программы, основываясь на критерии среза программы. Это означает, что из исследуемой программы будут исключены все операторы не влияющие на формирование переменной выбранной в критерии среза. Оставшаяся часть программы будет представлять собой копию поведения оригинальной при вычислении искомой переменной.

Альтернативный подход предполагает использование графа зависимостей программы (ГЗП) для построения статического слайса. ГЗП представляет собой орграф в котором каждый оператор и управляющая конструкция представляют собой вершины, а ребра представляют собой зависимости программы по данным и управлению. Критерием среза выбирается одна из вершин, и слайс представляет собой все вершины графа, через которые можно достичь искомой.
В обоих случаях при построении слайса используется только статически известная информация.

Подход построения слайса программы в динамике был предложен позже статического и основывается на анализе зависимостей потока данных в программе. В данном виде слайсинга используются только сведения полученные при непосредственном выполнении программы. К критерию среза помимо оператора и искомой переменной добавляется еще и фиксированный ввод, на основе которого выполнялась программа. Основная идея заключается в ответе на вопрос о том, как переменные обрабатывались программой, при получении искомого значения. Данный подход является разновидностью так называемого анализа обратного потока (flowback analysis).

В зависимости от направления в котором строится слайс, начиная от критерия среза, различают обратный и прямой слайсинг. Обратный слайсинг подразумевает под собой выборку всех операторов, которые привели к формированию искомой переменной в критерии среза. Прямой же слайсинг отражает какие переменные и ветви программы будут в дальнейшем зависеть от переменной, выбранной в критерии среза. Существует так же понятие чоппинга (chopping) – это случай генерализации прямого и обратного слайсинга, когда в слайсе отмечается не только история формирования искомой переменной в крите-

рии среза, но и дальнейшие порождаемые ею зависимости в исследуемой программе.

В решении ключевых задач, которые встают перед исследователями в процессе RE динамический анализ играет значительную роль.

Во-первых, такой подход не требует исходного кода или специальной компиляции исследуемой программы, и таким образом, является привлекательным для более широкого круга программного обеспечения, в том числе и для промышленного ПО.[4] Этот результат достигается благодаря внедрению дополнительного кода (инструментации [3]) в код исследуемой программы, который собирает и обобщает требуемую иформацию. В связи с этим, динамический анализ – возможность исследовать код во время его выполнения – стал одним из фундаментальных инструментов исследования в области компьютерной безопасности.

Во-вторых, во время динамического анализа не требуется дополнительного анализа потока управления программы поскольку во время такого типа анализа выполнение ветвей условий программы можно назвать предопределенным. В отличие от статического анализа, когда требуется просчитать все возможные условия выполнения тех или иных базовых блоков (или операторов) программы.

С точки зрения трудоемкости при разработке инструментов исследования, а так же затратности самого процесса анализа – такой подход сильно экономит время исследователя.

В-третьих, наибольший плюс динамического анализа заключается в том, что во время выполнения программы становится доступной масса полезной информации о выполнении программы, которая не доступна в статике. Эта информация может представлять собой, как минимум, значения регистров процессора или областей памяти, при выполнении программы, а так же аргументы различных системных вызовов, которые порождает.

Большинство инструментов исследования такого типа реализуется на основе фреймворков динамической бинарной инструментации (dynamic binary instrumentation frameworks) или DBI, таких как Pin, DynamoRIO, и Valgrind. Они предоставляют базовый функционал, который помогает инструментировать и запускать исследуемые программы, а так же окружение, набор функций и структур, которые позволяют писать инструменты исследования.

Разрабатываемый автором данной статьи инструмент исследования базируется на фреймворке Valgrind, чему пособствовали следующие несколько причин:

1. Реализации Valgrind существуют для множества платформ, таких как x86/Linux, AMD64/Linux, and PPC{32,64}/{Linux,AIX}[3]

2. Внутренняя реализация фреймворка позволяет дизассемблировать машинный код исследуемой программы во время его выполнения не в ассемблерные мнемоники, как это делают множество других инструментов, а в архитектуро-независимое промежуточное представление (IR), которое позволяет пол-

ностью отслеживать изменения в состоянии процессора после выполнения каждой инструкции.

Наличие такого внутреннего представления машинного кода, независимо от архитектуры, очень сильно облегчает работу программиста, который разрабатывает инструменты исследования. Поскольку, в итоге, программист пишет инструментацию для промежуточного представления количество видов операций которого заранее известно и несоизмеримо мало по сравнению с количеством различных видов инструкций даже в одной марке процессора. IR так же предполагает под собой большие возможности для переносимости кода инструмента исследования на другие платформы, для которых написан фреймворк.

На основе приведенной методологии авторами был разработан подход, позволяющий решать некоторые из указанных выше задач, возникающих в процессе RE.

Разработанный подход базируется на примененнии технологий program slicing и taint analysis [5] в связке. Он подразумевает использование принципов построения динамических слайсов, основываясь только на введенных в программу данных, которые и представляют собой критерий среза для построения слайса. Разработанный подход еще не был формализован нигде в научной литературе, однако на данный момент уже разработан прототип инструмента, который реализует такую технологию и находится в стадии доработки.

Данный инструмент позволяет собрать информацию об адресах инструкций, которые так или иначе обрабатывали введенные в программу данные и в свою очередь порождали новые данные, обработка которых так же отслеживалась далее (taint analysis). Это позволяет сделать мысленную абстракцию от всего кода программы и изучать только семантику обработки данных программой. Можно без преувеличения сказать, что разработанный инструмент позволяет выполнять динамический чоппинг программы по данным или динамический чоппинг данных (dynamical data chopping), если использовать терминологию применимую в PS. Данный подход позволять решать задачи RE 1 и 3 соответственно. Однако для решения задачи RE 3 требуется дальнейшая доработка визуализации зависимостей процесса выполнения обработки от полученных программой данных.

Таким образом, дальнейшая формализации разработанного нами подхода, а так же разработка визуализации, отображающей зависимости процесса обработки от полученных на входе программы данных являются предметом для дальнейшей работы.

Литература

1. Weiser, M. Program slicing / M. Weiser // IEEE Transactions on Software Engineering. – 1984. -P 352−357.

2. Tip, F. A survey of program slicing techniques / F. Tip // Journal of Programming Languages. – 1995. -P 121−189.

3. Nethercote, N. Valgrind: A Framework for Heavyweight Dynamic Binary Instrumentation / N. Nethercote, J. Seward // Proceedings of ACM SIGPLAN 2007

Conference on Programming Language Design and Implementation (PLDI 2007). - 2007.

5. Newsome, J. Dynamic taint analysis for automatic detection, analysis, and signature generation of exploits on commodity software / J. Newsome, D. Song // In Proceedings of the 12th Annual Network and Distributed, System Security Symposium (NDSS 2005), -2005.

6. Тихонов, Д.И Введение в технологию taint analysis / Тихонов Д.И, Буканов Д.Ф // Актуальные проблемы информационной безопасности. Теория и практика использования программно-аппаратных средств: материалы VII всероссийской научно-технической конференции. -2014.

В.П. Цветов

ОБ ОДНОМ СИНТАКСИЧЕСКОМ АЛГОРИТМЕ НА ГРАФАХ

(Самарский государственный университет)

Алгоритмы на графах представляют интерес для различных прикладных направлений, в частности, они могут быть полезны при проектировании информационных систем или построении систем безопасности. Существующие алгоритмы используют различные подходы, опирающиеся на специальные представления и структуры данных, обширная библиография по которым представлена, например в [1].

В докладе рассматривается алгоритм нахождения оптимальных маршрутов на реберно-размеченных графах. Результат не претендует на практическую новизну, но демонстрирует возможный абстрактно алгебраический метод решения задач, связанных с построением степеней элементов ограниченной сверху структурно упорядоченной полугруппы [2] в матричном представлении.

Введем следующие обозначения.

$\mathbb{N}$-множество натуральных чисел;

$1..n := \{1,2,\dots,n\} \subset \mathbb{N}$;

$\mathcal{A} := \{\alpha_1,\alpha_2,\dots,\alpha_n\}$ - алфавит мощности n;

$\mathbb{W}^k_{\mathcal{A}}$- множество слов длины k над алфавитом $\mathcal{A}$;

$\mathbb{W}_{\mathcal{A}} := \bigcup_{k=0}^{\infty} \mathbb{W}^k_{\mathcal{A}}$- множество слов над алфавитом $\mathcal{A}$;

$\langle \mathbb{W}_{\mathcal{A}}, (\bullet) \rangle$- моноид слов над алфавитом $\mathcal{A}$ с операцией сцепления;

$\mathbb{R}$- множество вещественных чисел;

$\mathbb{R}_+$- множество неотрицательных вещественных чисел;

$[0,1] \subset \mathbb{R}$ - замкнутый интервал вещественных чисел от 0 до 1;

$\langle \mathbb{R}, (\cdot,+) \rangle$ - поле вещественных чисел;

$\langle \mathbb{R}, (\wedge,\vee,) \rangle$ - решетка вещественных чисел, где $\xi_1 \wedge \xi_2 := \min\ (\xi_1,\xi_2)$, $\xi_1 \vee \xi_2 := \max\ (\xi_1,\xi_2)$;

$\mathbb{R}^{\infty} := \mathbb{R} \cup \{\iota\}$- расширенное множество вещественных чисел;
$\langle \mathbb{R}^{\infty}, (\wedge, \vee, \cdot, +) \rangle$- расширенная алгебра вещественных чисел, где $\xi \in \mathbb{R}$ и $\xi \wedge \iota = \iota \wedge \xi := \xi$, $\xi \vee \iota = \iota \vee \xi = \xi \cdot \iota = \iota \cdot \xi = \xi + \iota = \iota + \xi = \iota \cdot \iota = \iota + \iota := \iota$;
$\langle \mathbb{R}_{+}^{\infty}, (\wedge, \vee, \cdot, +) \rangle$- подалгебра $\langle \mathbb{R}^{\infty}, (\wedge, \vee, \cdot, +) \rangle$ с носителем $\mathbb{R}_{+}^{\infty}$; ;
2^{V}- булеан над множеством V;
$|V|$- мощность множества V;
$U \times V$- декартово произведение множеств U и V;
$2^{V \times V}$- множество бинарных отношений на V;
$\langle 2^{V \times V}, (\circ) \rangle$- моноид бинарных отношений на V с операцией произведения;
R^{k}- k-ая степень бинарного отношения $R \in 2^{V \times V}$, где $R^{k} := R^{k-1} \circ R$, $R^{1} := R$, $k > 1$.

Определим множества термов $T(\mathbb{R}, \mathbb{W}_{\mathcal{A}}) := \{\xi * w \mid \xi \in \mathbb{R}, w \in \mathbb{W}_{\mathcal{A}}\}$, $\mathbb{T}(\mathbb{R}^{\infty}, \mathbb{W}_{\mathcal{A}}) := \mathbb{R} \cup \mathbb{W}_{\mathcal{A}} \cup T(\mathbb{R}, \mathbb{W}_{\mathcal{A}}) \cup \{\iota\}$ и расширенную алгебру термов $\langle \mathbb{T}(\mathbb{R}^{\infty}, \mathbb{W}_{\mathcal{A}}), (\odot, \oplus) \rangle$, полагая для произвольных $\xi, \xi_1, \xi_2 \in \mathbb{R}$; $w, w_1, w_2 \in \mathbb{W}_{\mathcal{A}}$; $t = \xi * w, t_1 = \xi_1 * w_1, t_2 = \xi_2 * w_2 \in T(\mathbb{R}, \mathbb{W}_{\mathcal{A}})$; ι:

$$\xi_1 \odot \xi_2 := \xi_1 + \xi_2;$$
$$\xi_1 \oplus \xi_2 := \xi_1 \wedge \xi_2;$$
$$\xi \odot w = w \odot \xi = \xi \oplus w = w \oplus \xi := \xi * w;$$
$$\xi \odot t_1 = t_1 \odot \xi := (\xi + \xi_1) * w_1;$$
$$\xi \oplus t_1 = t_1 \oplus \xi := \begin{cases} \xi * w_1, \xi \wedge \xi_1 = \xi \\ t_1, \quad \xi \wedge \xi_1 = \xi_1 \end{cases};$$
$$\xi \odot \iota = \iota \odot \xi := \iota;$$
$$\xi \oplus \iota = \iota \oplus \xi := \xi;$$
$$w_1 \odot w_2 = w_1 \oplus w_2 := w_1 \bullet w_2;$$
$$w_2 \odot w_1 = w_2 \oplus w_1 := w_2 \bullet w_1;$$
$$w \odot t_1 := \xi_1 * (w \bullet w_1);$$
$$t_1 \odot w := \xi_1 * (w_1 \bullet w);$$
$$w \oplus t_1 = t_1 \oplus w := t_1;$$
$$w \odot \iota = \iota \odot w := \iota;$$
$$w \oplus \iota = \iota \oplus w := w;$$
$$t_1 \odot t_2 := (\xi_1 + \xi_2) * (w_1 \bullet w_2);$$
$$t_1 \oplus t_2 := \begin{cases} t_1, \ \xi_1 = \xi_2 \text{ или } \xi_1 \wedge \xi_2 = \xi_1 \\ t_2, \ \xi_1 \neq \xi_2 \ \text{ и } \ \xi_1 \wedge \xi_2 = \xi_2 \end{cases};$$
$$t_1 \odot \iota = \iota \odot t_1 = \iota \odot \iota = \iota \oplus \iota := \iota;$$
$$t_1 \oplus \iota = \iota \oplus t_1 := t_1.$$

Введем обозначение $\sum_{k=1}^{n} \tau_k := \tau_1 \oplus \tau_2 \oplus \ldots \oplus \tau_n$, где $\tau_k \in \mathbb{T}(\mathbb{R}^{\infty}, \mathbb{W}_{\mathcal{A}})$, $k \in 1..n$.

Рассмотрим множество квадратных матриц порядка n над множеством термов $\mathbb{M}(\mathbb{T}(\mathbb{R}^{\infty},\mathbb{W}_{\mathcal{A}}),n) := \{(\tau_{ij})|\tau_{ij} \in \mathbb{T}(\mathbb{R}^{\infty},\mathbb{W}_{\mathcal{A}})\}$. Определим матричные операции полагая для произвольных $M_1 = (\tau_{ij}^1)$, $M_2 = (\tau_{ij}^2) \in \mathbb{M}(\mathbb{T}(\mathbb{R}^{\infty},\mathbb{W}_{\mathcal{A}}),n)$:

$M_1 \boxdot M_2 := (\sum_{k-1}^{n} \tau_{ik}^1 \odot \tau_{kj}^2)$;

$M_1 \boxplus M_2 := (\tau_{ij}^1 \oplus \tau_{ij}^2)$;

$M_1 \boxtimes M_2 :- (\tau_{ij}^1 \odot \tau_{ij}^2)$.

Введем обозначение $\sum_{k=1}^{n} M_k :- M_1 \boxplus M_2 \boxplus \ldots \boxplus M_n$, где $M_k \in \mathbb{M}(\mathbb{T}(\mathbb{R}^{\infty},\mathbb{W}_{\mathcal{A}}),n)$, $k \in 1..n$.

Рассмотрим матричную алгебру $\langle \mathbb{M}(\mathbb{T}(\mathbb{R}^{\infty},\mathbb{W}_{\mathcal{A}}),n),(\boxdot,\boxplus,\boxtimes)\rangle$.

Естественным образом определяются подалгебры $\langle \mathbb{T}(\mathbb{R}_{+}^{\infty},\mathbb{W}_{\mathcal{A}}),(\odot,\oplus)\rangle$, $\langle \mathbb{M}(\mathbb{T}(\mathbb{R}_{+}^{\infty},\mathbb{W}_{\mathcal{A}}),n),(\boxdot,\boxplus,\boxtimes)\rangle$.

Рассмотрим тотальную функцию $\rho: 1..n \times 1..n \to R_{+}^{\infty}$. Значения функции ρ будем интерпретировать как длину ребра размеченного графа G, соединяющего вершины с номерами i и j, если $\rho(i,j) \in \mathbb{R}_{+}$, и как отсутствие ребра в случае, если $\rho(i,j) = \iota$. Воспользуемся матричным представлением функции ρ, полагая $P := (\rho_{ij}) := (\rho(i,j))$.

Определим матрицы $M_1 = (\tau_{ij}^1)$, $M_2 = (\tau_{ij}^2) := (\tau_{ji}^1) = M_1^T$, полагая $\tau_{ij}^1 := \alpha_i$.

Хорошо известно [3] следующее свойство транзитивного замыкания бинарного отношения $R \in 2^{V \times V}$ на конечном множестве V:

$$\bigcup_{k=1}^{\infty} R^k = \bigcup_{k=1}^{|V|} R^k,$$

из которого, в силу определения алгебры $\langle \mathbb{M}(\mathbb{T}(\mathbb{R}^{\infty},\mathbb{W}_{\mathcal{A}}),n),(\boxdot,\boxplus,\boxtimes)\rangle$, следует, что элементы матрицы

$$M = (\tau_{ij}) := \left(\sum_{k=1}^{n} (P \boxtimes M_1)^k\right) \boxtimes M_2$$

будут иметь вид $\tau_{ij} = \xi_{ij} * w_{ij} \in T(\mathbb{R},\mathbb{W}_{\mathcal{A}})$, если на графе G существует маршрут из вершины с номером i в вершину с номером j, и $\tau_{ij} = \iota$ в случае, если такого маршрута не существует. При этом $w_{ij} = \alpha_i \alpha_{i_1} \alpha_{i_2} \ldots \alpha_{i_s} \alpha_j$ будет определять маршрут наименьшей длины из вершины с номером i в вершину с номером j в вершинной форме, а ξ_{ij} будет равно длине этого маршрута.

Предложенный метод допускает очевидную модификацию посредством переопределением операций

$\xi_1 \odot \xi_2 := \xi_1 \cdot \xi_2$,

$\xi_1 \oplus \xi_2 := \xi_1 \vee \xi_2$;

$w \odot 0 = 0 \odot w := 0$,

$t \odot 0 = 0 \odot t := 0$,

а также функции $\rho: 1..n \times 1..n \to [0,1]$. $\sum_{j=1}^{n} \rho(i,j) = 1$, и использования алгебр $\langle \mathbb{T}([0,1], \mathbb{W}_{\mathcal{A}}), (\odot, \oplus) \rangle$, $\langle \mathbb{M}(\mathbb{T}([0,1], \mathbb{W}_{\mathcal{A}}), n), (\boxdot, \boxplus, \boxtimes) \rangle$ для решения задач о блужданиях, порожденных стохастическими матрицами.

Алгоритм реализации вычисления всех элементов матрицы M имеет верхние оценки временной и емкостной сложности порядка $O(n^4)$ и $O(n^2)$, соответственно.

Литература

1. Кормен, Т. Алгоритмы: построение и анализ [Текст] / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест, К. Штайн.– 2-е изд.– М.: Издательский дом «Вильямс», 2005.– 1296 с.

2. Биркгоф, Г. Теория структур [Текст] / Г. Биркгоф. – М.: Издательство иностранной литературы, 1952.– 407 с.

3. Свами, М. Графы, сети и алгоритмы [Текст] / М. Свами, М., К Тхуласираман.– М.: Мир, 1984. - 455 с.

А.Н. Цибуля, М.Н. Хо

О ФОРМАЛИЗАЦИИ ПОНЯТИЯ «АУТЕНТИЧНОСТЬ ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТА»

(Академия ФСО России, г. Орел)

Переход организаций на использование систем электронного документооборота (СЭД) в условиях необходимости обеспечения требуемых свойств документированной информации требует переосмысления понятийного аппарата, сложившегося при традиционном делопроизводстве. Государственный стандарт ГОСТ Р ИСО 15489-1–2007 определяет, что "организации должны создавать и сохранять аутентичные, надежные и пригодные для использования документы, а также защищать целостность этих документов в течение требуемого времени". Как показал проведенный анализ, в отношении термина "аутентичность документа" отечественные и зарубежные источники дают существенные различия в формулировках. Некоторые из них приведены в таблице 1.

Таблица 1. Определения термина "аутентичность документа"

Источник	Определение
ГОСТ Р ИСО/МЭК 13335-1-2006	1. Подлинность 2. Свойство, гарантирующее, что субъект или ресурс идентичны заявленным
ГОСТ Р 51141-98	**Подлинный документ**: документ, сведения об авторе, времени и месте создания которого, содержащиеся в самом документе или выявленные иным путем, подтверждают досто-

	верность его происхождения.
ГОСТ Р ИСО 15489-1–2007	**Документ является аутентичным,** если он является тем, чем должен быть; был создан или отправлен лицом, уполномоченным на это; был создан или отправлен в то время, которое обозначено в документе
Тихонов В.И. [1]	Свойство документа быть тем, о чем заявлено в нем самом, т.е. содержать информацию, подтверждающую его происхождение (авторство, время и место создания и т.п.), причем таким образом, чтобы это гарантировало документ от подделок
Спецификация MoReq [2]	Свойство быть подлинным, т.е. документ является именно тем, чем он претендует быть (примечание: свойство аутентичности не касается вопросов достоверности фактов, изложенных в документе, оно подтверждается его видом, формой и/или режимом передачи и/или способом хранения и обеспечения сохранности).
Международный совет архивистов [3]	Неизменность во времени оригинальных характеристик документа по отношению к контексту, структуре и содержанию

Анализ приведенных определений позволяет сделать следующие выводы:

1. Понятие "аутентичность" в отношении документов практически полностью совпадает с понятием "подлинность", в ряде случаев они являются синонимами.

2. При анализе аутентичности основное внимание уделяется метаданным. В стандарте ГОСТ Р ИСО 15489-1–2007 метаданные определяются как данные, описывающие контекст, содержание, структуру документов и управление документами в течение времени. В СЭД именно метаданные делают электронные документы (ЭД) пригодными для использования, понятными и аутентичными, гарантируют их неизменность, достоверность и доказательную силу. Делопроизводственные метаданные описывают не только сами документы, но и людей, процессы и системы, которые управляют ими, создают, хранят и используют их, а также принципы и правила, которым документы соответствуют.

3. Чтобы доказать аутентичность, необходимо установить соответствие между демонстрируемым (заявленным) в данный момент времени представлением документа и реальным значением ключевых метаданных (реквизитов), входящих в его состав. К ключевым метаданным, исходя из приведенных определений, относятся: автор (отправитель) документа, время и, возможно, место создания. В то же время наблюдается разница между наборами этих ключевых метаданных (автор+время, автор+время+место, автор+время+место+другие реквизиты). Кроме этого, есть косвенная ссылка на форму представления (вид) или структуру документа.

4. Для определенного подмножества реквизитов (метаданных) в демонстрируемом представлении ЭД должен существовать механизм (способ) оценки степени их достоверности (целостности). В случае, если не возможно доказать

целостность документа с момента его создания, то должны быть предоставлены доказательства целостности базовых реквизитов, входящих в его состав. При этом могут быть использованы другие метаданные, хранящиеся в СЭД. Для анализа могут быть использованы формальные модели безопасности компьютерных систем, например, модель Биба [4]

В результате получаем следующее определение: "**аутентичный (подлинный) электронный документ – это электронный документ, для демонстрируемого представления которого доказана достоверность (целостность) заданного набора метаданных (реквизитов), включая структурные характеристики**".

Представим данное определение в виде формальной модели, основными элементами которой являются:

$D = (R, MD)$ – электронный документ, состоящий из множества записей (информационных объектов, файлов) R и множества метаданных MD ;

$R = \{m_1(r), m_2(r), \ldots, m_j(r)\} \cup \{s(r)\}$ – запись, входящая в состав ЭД, состоящая из множества метаданных $m_i(r)$ и структурной информации $s(r)$;

$MD^a(R) \subseteq R$ – подмножество аутентифицирующих метаданных записи R ;

$MD = \{m_1, m_2, \ldots, m_k\} \cup \{l(d)\}$ – множество метаданных о документе D , имеющихся в СЭД и совокупность записей о нем в системном журнале СЭД (log-файле) $l(d)$;

$(LI, \leq)$ – решетка уровней целостности метаданных, записей и документа в целом, например: $LI = \{L\ (low), H\ (high)\}$, где $L < H$;

$i_t: MD \rightarrow LI$ – функция, определяющая уровень целостности метаданных в момент демонстрации документа t .

В результате получаем определение: **документ D является аутентичным в момент времени t , если доказано, что** $\forall R \in D$: $[i_t(MD]^a(R)) = H$.

Литература

1. Тихонов В.И. Информационные технологии и электронные документы в контексте архивного хранения (статьи разных лет). – М.: Издательство Главного архивного управления города Москвы, 2009. – 384 с.

2. Model Requirements for the Management of Electronic Records. MoReq Specification / Cornwell Affiliates plc. for the Interchange of Data between Administrations (IDA) Programme of the European Commission. 2001.

4. International Council on Archives, Committee on electronic records, Guide for managing electronic records from an archival perspective. (ICA Study 8).1997.

5. Девянин П.Н. Модели безопасности компьютерных систем. Управление доступом и информационными потоками. Учебное пособие для вузов. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Горячая линия–Телеком, 2013.

П.А. Чупахин, Д.В. Блинков, А.В. Индиченко

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ЗАЩИЩЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНЫМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЕМ СЛУЖБ МСС

(Академия Федеральной службы охраны, Орел, Россия)

Модель системы защищенного управления МСС (мультисервисной сети) с точки зрения проектирования архитектуры удобно описать с помощью абстрактной теории структурных схем и блоков для сосредоточенных и распределенных управляющих систем. Пусть задано некоторое множество сигналов Φ, элементы которого f являются сигналами. На некотором множестве Φ_1 элементов f_1 определен некоторый оператор R. Этот оператор переводит каждый элемент $f_1 \in \Phi_1$ в некоторое другое множество элементов $f_2 \in \Phi_2$:

$$f_2 = R \cdot f_1,\ f_1 \in \Phi_1,\ f_2 \in \Phi_2 . \qquad (1)$$

Блок R рисунок 1 отождествляться с некоторой системой любой природы, в данной работе блок R – это один из элементов архитектуры системы управления.

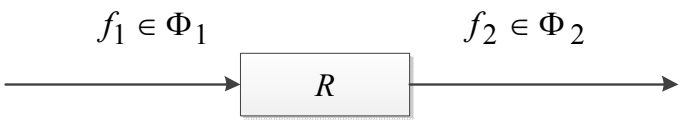


Рис. 1. Схема блока R

Любая реальная система может быть описана схемой, которая изображается в виде соединения блоков.

Последовательным соединением n блоков называется такое их построение, при котором выход предыдущего, $(i-1)$-го блока отождествлен со входом последующего, i-го блока. Схема последовательного соединения блоков приведена на рисунке 2. При последовательном соединении n блоков справедливы равенства:

$$f_1 = R_1 \cdot f_0,\ f_2 = R_2 \cdot f_1, ...,\ f_n = R_n \cdot f_{n-1} . \qquad (2)$$

Проводя последовательно подстановку правых частей равенств f_i в f_{i+1}, получаем

$$f_n = R_n \cdot R_{n-1} ... R_1 \cdot f_0 . \qquad (3)$$

Правая часть равенства называется произведением операторов $R_1,\ R_2,\ \ldots,\ R_n$.

Если теперь рассматривать f_0 как вход последовательно соединенных блоков, а f_n – как выход, то произведение операторов будет иметь вид, представленный на рисунке 3. Легко видеть, что n последовательно соединенных блоков рисунок 2 можно представить в виде одного блока рисунок 3.

Параллельное соединение n блоков может быть описано уравнениями

$$f_1 = R_1 \cdot f_0,\ f_2 = R_2 \cdot f_0, \ldots, f_n = R_n \cdot f_0 . \qquad (4)$$

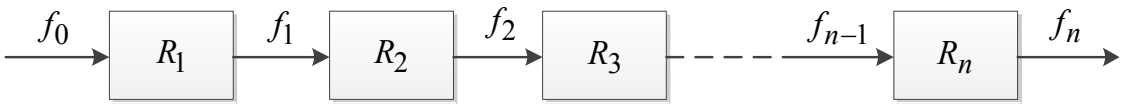


Рис. 2. Последовательное соединение n блоков

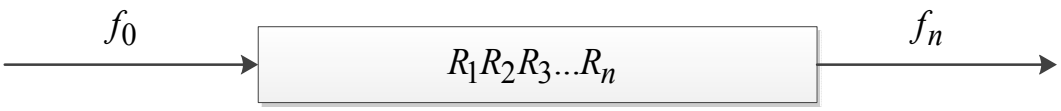


Рис. 3. Произведение операторов

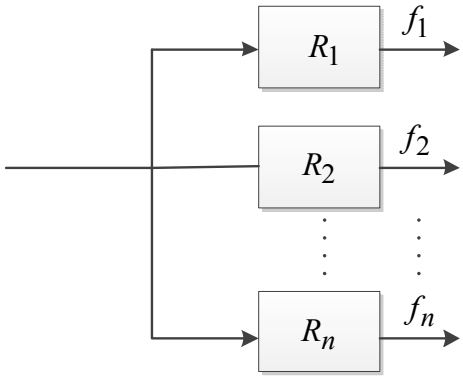


Рис. 4. Параллельное соединение n блоков

Используя структурно-функциональный подход и анализ функционирования систем можно описать модель системы защищенного управления безопасным функционированием служб МСС, основу, которой составляет дерево функций системы, представляющее многоуровневую декомпозицию макрофункций системы.

Отождествляя объекты $\{RF_i\}$, $\{SF_i\}$, $\{RF_j\}$, $\{SF_j\}$ с основными и вспомогательными функциями системы управления МСС, получаем древовидную модель системы, которая представляет собой набор подсистем. Остов дерева будет определять структуру системы, а листья – функциональные опера-

торы. Отображение функциональных операторов в конструктивном модуле позволит определить элементы, которые необходимо выполнить, чтобы реализовывать заданные функции.

Основываясь на функциях, необходимых для защиты информации необходимо разработать модель системы защищенного управления безопасным функционированием служб МСС, на основании которой далее восстанавливается модульная архитектура системы.

Нулевой уровень:

F^0 – целевая функция системы. Она заключается в предоставлении возможностей для управления информационной безопасностью МСС.

Первый уровень:

$$F^0 := \begin{cases} RF_1 - \text{управление сервисами информационной безопасности} \\ RF_2 - \text{безопасное управление услугами сети.} \end{cases}$$

Второй уровень:

$$RF_1 := \begin{cases} RF_1^1 - \text{обеспечение отказоустойчивости} \\ RF_1^2 - \text{обеспечение безопасного восстановления} \end{cases}$$

$$RF_2 := \begin{cases} RF_2^1 - \text{безопасное управление услугами переноса информации} \\ RF_2^2 - \text{безопасное управление инфокоммуникационными услугами} \\ RF_2^3 - \text{безопасное управление качеством обслуживания} \end{cases}$$

Третий уровень:

$$RF_2^3 := \begin{cases} RF_2^{31} - \text{мониторинг анализ производительности и надежности} \\ RF_2^{32} - \text{управление конфигурацией} \\ RF_2^{33} - \text{управление устранением отказов и их последствий, обработка ошибок} \\ RF_2^{34} - \text{формирование управляющего воздействия.} \end{cases}$$

Схематично дерево функций подсистемы управления информационной безопасностью показано на рисунке 5.

Таким образом, рассматриваемая система безопасного управления качеством обслуживания основывается на данных соглашения об уровне услуг, включает в себя базовые механизмы системы QoS (качество обслуживания) и осуществляет безопасное управление инфокоммуникационными услугами через защищенные соединения совместно с системой управления информационной безопасностью.

Также рассматриваемая система использует транспортную и прикладную составляющие общего показателя качества обслуживания, безопасный мониторинг и безопасное формирование управляющего воздействия с их передачей по каналам уровня защищенности ниже или равной уровню защищенности передаваемых пользовательских данных.

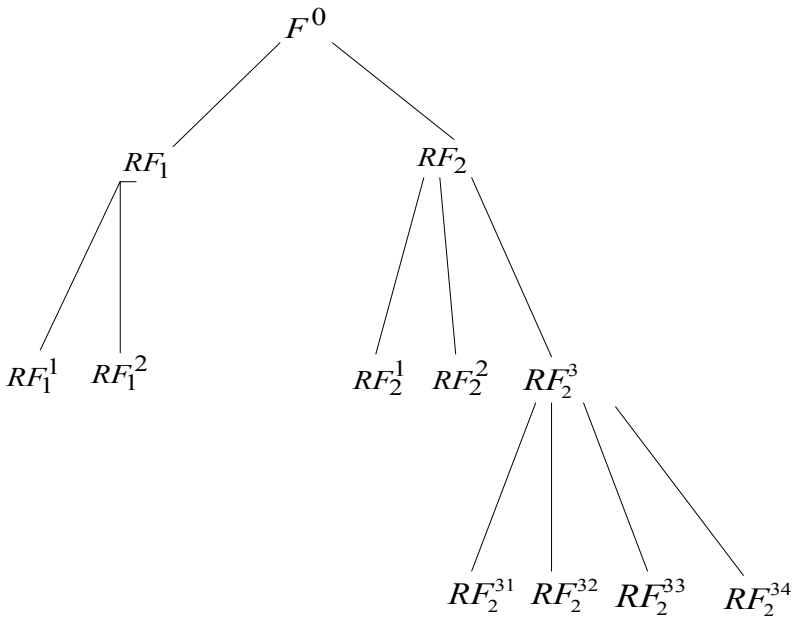


Рис. 5. Дерево функций подсистемы управления информационной безопасностью

Рекомендация МСЭ Е.800 определяет прямую зависимость параметров качества обслуживания от качества функционирования сети и её функциональных возможностей. Поэтому управление качеством обслуживания подразумевает использование показателей функционирования сети и опирается на заданные нормы для сетевых характеристик.

На сегодняшний день упрощенные модели защищенного управления безопасным функционированием служб МСС не удовлетворяют предъявленным требованиям к моделям современных систем управления. Модель системы защищенного управления с точки зрения проектирования архитектуры удобно описать с помощью абстрактной теории структурных схем и блоков. Исходя из этого, рассматриваемая система безопасного управления качеством обслуживания основывается на данных соглашения об уровне услуг, включает в себя базовые механизмы системы QoS и осуществляет безопасное управление инфокоммуникационными услугами через защищенные соединения совместно с системой управления информационной безопасностью.

Литература

1. Отто Шмидт. Абстрактная теория групп. М., Издательство: Либроком, 2010 г. 148 с.
2. Фрид Э. Элементарное введение в абстрактную алгебру. - М, Физматлит, 1979. 260 с.
3. Рекомендация Международного союза электросвязи Е.800.

И.М. Шаяхметов

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ КРИПТОСИСТЕМ И СИСТЕМ УСТАНОВКИ ЭЛЕКТРОННО-ЦИФРОВОЙ ПОДПИСИ

(Казанский национальный исследовательский университет им. А.Н.Туполева-КАИ)

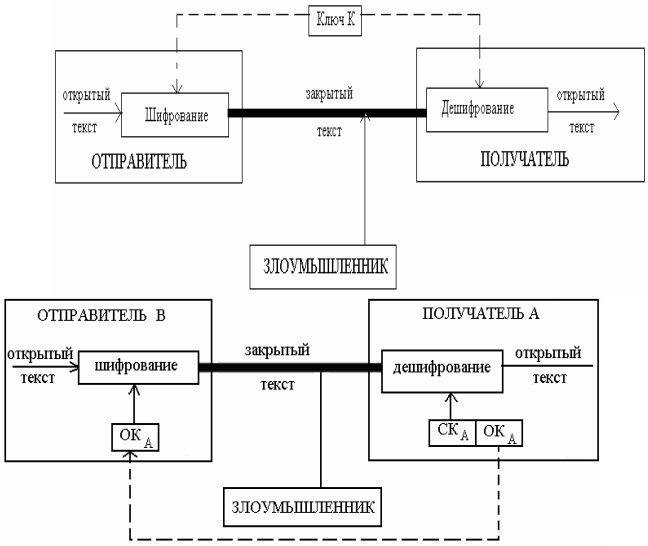
Симметричные криптосистемы применялись задолго до появления электронных информационных технологий.

В данных криптосистемах шифрование и дешифрование информации осуществляется на одном ключе, являющемся секретным. Рассекречивание ключа шифрования ведет к рассекречиванию всего защищенного обмена.

Другим классом криптографическим систем являются асимметричные криптосистемы, называемые также криптосистемами с открытым ключом. В асимметричных криптосистемах для шифрования информации используется один ключ, а для дешифрования – другой [2, с. 488].

Целью работы является проведение анализа зашифрованных текстов и определение распределенности символов в них.

Функциональные схемы взаимодействия участников симметричного и асимметричного криптографических обменов приведены на рис. 1.



а) б)

Рис. 1. Функциональная схема:
а) симметричной криптосистемы;
б) асимметричной криптосистемы;

При обмене электронными документами по открытым каналам возникает проблема аутентификации автора сообщения и контроля целостности документа. Собственно, сама информация в документе может быть открыта, однако ее изменение может привести к катастрофическим последствиям.

Для обычных, бумажных носителей указанные проблемы решаются путем жесткой привязки информации к физическому носителю, что позволяет использовать для защиты рукописные подписи, печати, водяные знаки и т.д. [3, с. 266]. Для электронных документов эта проблема решается путем привязки к ним особой цифровой последовательности – электронно-цифровой подписи (ЭЦП). Функциональная схема использования ЭЦП приведена на рис. 2.

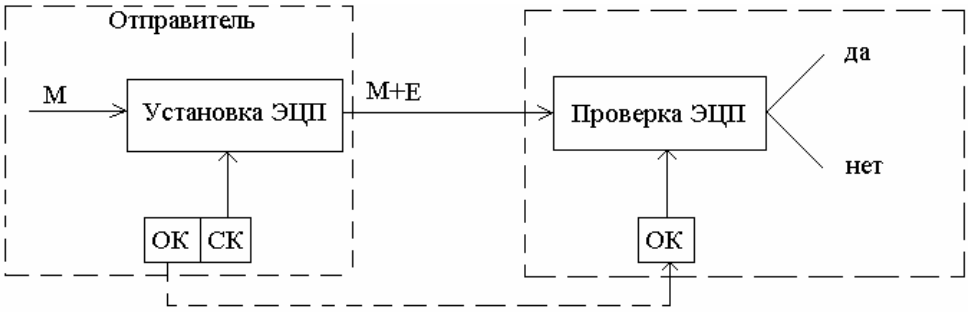
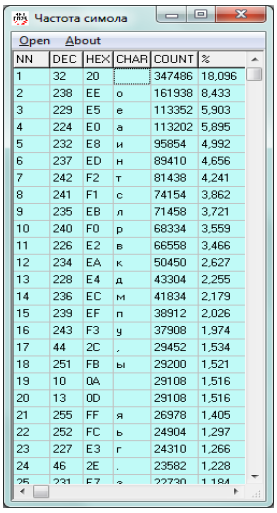


Рис. 2.Функциональная схема использования ЭЦП

Интерфейсы программы определения частоты символов представлены на рис.3., рис.4.

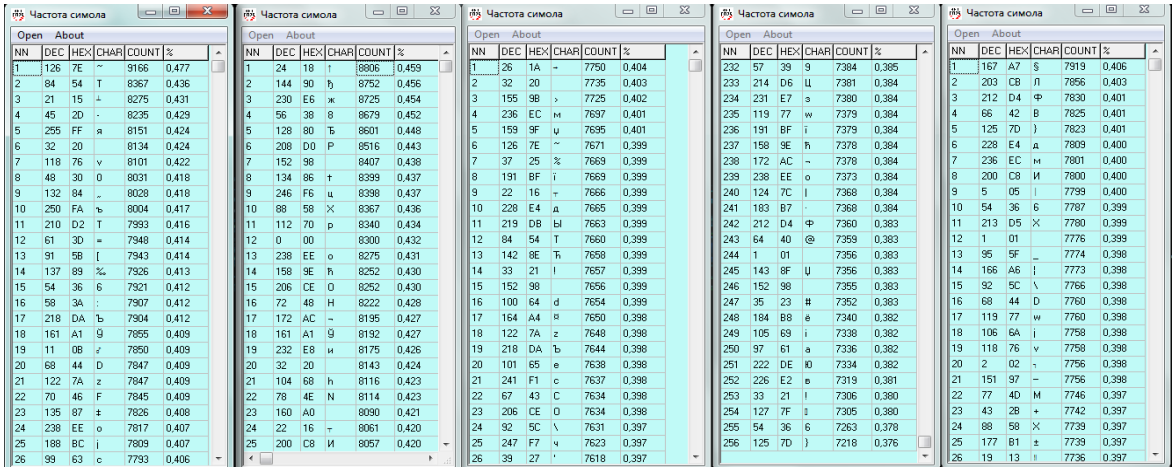


Частота симола

Open About

NN	DEC	HEX	CHAR	COUNT	%
1	32	20		347486	18,096
2	238	EE	о	161938	8,433
3	229	E5	е	113352	5,903
4	224	E0	а	113202	5,895
5	232	E8	и	95854	4,992
6	237	ED	н	89410	4,656
7	242	F2	т	81438	4,241
8	241	F1	с	74154	3,862
9	235	EB	л	71458	3,721
10	240	F0	р	68334	3,559
11	226	E2	в	66558	3,466
12	234	EA	к	50450	2,627
13	228	E4	д	43304	2,255
14	236	EC	м	41834	2,179
15	239	EF	п	38912	2,026
16	243	F3	у	37908	1,974
17	44	2C	,	29452	1,534
18	251	FB	ы	29200	1,521
19	10	0A		29108	1,516
20	13	0D		29108	1,516
21	255	FF	я	26978	1,405
22	252	FC	ь	24904	1,297
23	227	E3	г	24310	1,266
24	46	2E	.	23582	1,228

Рис.3. Частота символов исходного текста



Частота симола

Open About

NN	DEC	HEX	CHAR	COUNT	%
1	126	7E	~	9166	0,477
2	84	54	T	8367	0,436
3	21	15	⊥	8275	0,431
4	45	2D	-	8235	0,429
5	255	FF	я	8151	0,424
6	32	20		8134	0,424
7	118	76	v	8101	0,422
8	48	30	0	8031	0,418
9	132	84	„	8028	0,418
10	250	FA	ъ	8004	0,417
11	210	D2	Т	7993	0,416
12	61	3D	=	7948	0,414
13	91	5B	[	7943	0,414
14	137	89	‰	7926	0,413
15	54	36	6	7921	0,412
16	58	3A	:	7907	0,412
17	218	DA	Ъ	7904	0,412
18	161	A1	Ў	7855	0,409
19	11	0B	♂	7850	0,409
20	68	44	D	7847	0,409
21	122	7A	z	7847	0,409
22	70	46	F	7845	0,409
23	135	87	‡	7826	0,408
24	238	EE	о	7817	0,407
25	188	BC	¼	7809	0,407
26	99	63	c	7793	0,406

Частота симола

Open About

NN	DEC	HEX	CHAR	COUNT	%
1	24	18	↑	8806	0,459
2	144	90	Ђ	8752	0,456
3	230	E6	ж	8725	0,454
4	56	38	8	8679	0,452
5	128	80	Ъ	8601	0,448
6	208	D0	Р	8516	0,443
7	152	98		8407	0,438
8	134	86	†	8399	0,437
9	246	F6	ц	8398	0,437
10	88	58	X	8367	0,436
11	112	70	p	8340	0,434
12	0	00		8300	0,432
13	238	EE	о	8275	0,431
14	158	9E	ћ	8252	0,430
15	206	CE	О	8252	0,430
16	72	48	H	8222	0,428
17	172	AC	¬	8195	0,427
18	161	A1	Ў	8192	0,427
19	232	E8	и	8175	0,426
20	32	20		8143	0,424
21	104	68	h	8116	0,423
22	78	4E	N	8114	0,423
23	160	A0		8090	0,421
24	22	16	▬	8061	0,420
25	200	C8	И	8057	0,420

Частота симола

Open About

NN	DEC	HEX	CHAR	COUNT	%
1	26	1A	→	7750	0,404
2	32	20		7735	0,403
3	155	9B	›	7725	0,402
4	236	EC	м	7697	0,401
5	159	9F	ц	7695	0,401
6	126	7E	~	7671	0,399
7	37	25	%	7669	0,399
8	191	BF	¿	7669	0,399
9	22	16	▬	7666	0,399
10	228	E4	д	7665	0,399
11	219	DB	Ы	7663	0,399
12	84	54	T	7660	0,399
13	142	8E	Ћ	7658	0,399
14	33	21	!	7657	0,399
15	152	98		7656	0,399
16	100	64	d	7654	0,399
17	164	A4	¤	7650	0,398
18	122	7A	z	7648	0,398
19	218	DA	Ъ	7644	0,398
20	101	65	e	7638	0,398
21	241	F1	с	7637	0,398
22	67	43	C	7634	0,398
23	206	CE	О	7634	0,398
24	92	5C	\	7631	0,397
25	247	F7	ч	7623	0,397
26	39	27	'	7618	0,397

Частота симола

Open About

NN	DEC	HEX	CHAR	COUNT	%
232	57	39	9	7384	0,385
233	214	D6	Ц	7381	0,384
234	231	E7	з	7380	0,384
235	119	77	w	7379	0,384
236	191	BF	¿	7379	0,384
237	158	9E	ћ	7378	0,384
238	172	AC	¬	7378	0,384
239	238	EE	о	7373	0,384
240	124	7C	|	7368	0,384
241	183	B7	·	7368	0,384
242	212	D4	Ф	7360	0,383
243	64	40	@	7359	0,383
244	1	01		7356	0,383
245	143	8F	Џ	7356	0,383
246	152	98		7355	0,383
247	35	23	#	7352	0,383
248	184	B8	ё	7340	0,382
249	105	69	i	7338	0,382
250	97	61	a	7336	0,382
251	222	DE	Ю	7334	0,382
252	226	E2	в	7319	0,381
253	33	21	!	7306	0,380
254	127	7F	⌂	7305	0,380
255	54	36	6	7263	0,378
256	125	7D	}	7218	0,376

Частота симола

Open About

NN	DEC	HEX	CHAR	COUNT	%
1	167	A7	§	7919	0,406
2	203	CB	Л	7856	0,403
3	212	D4	Ф	7830	0,401
4	66	42	B	7825	0,401
5	125	7D	}	7823	0,401
6	228	E4	д	7809	0,400
7	236	EC	м	7801	0,400
8	200	C8	И	7800	0,400
9	5	05	♣	7799	0,400
10	54	36	6	7787	0,399
11	213	D5	X	7780	0,399
12	1	01		7776	0,399
13	95	5F	_	7774	0,398
14	166	A6	¦	7773	0,398
15	92	5C	\	7766	0,398
16	68	44	D	7760	0,398
17	119	77	w	7760	0,398
18	106	6A	j	7758	0,398
19	118	76	v	7758	0,398
20	2	02	☻	7756	0,398
21	151	97	–	7756	0,398
22	77	4D	M	7746	0,397
23	43	2B	+	7742	0,397
24	88	58	X	7739	0,397
25	177	B1	±	7739	0,397
26	19	13	‼	7736	0,397

Рис.4. Частотности символов зашифрованных текстов.

На основе анализа зашифрованных текстов мы можем сделать вывод, что частотности символов в них равномерно распределены в отличии от частотности исходного текста.

Скорость шифрования по алгоритму RSAявляется большей, чем скорость шифрования в других алгоритмах.

После изменения одного символа в файле «Opentext.txt» и после проверки истинности ЭЦП система не смогла распознать изменения.

В качестве организации криптографического обмена между двумя абонентами в симметричных и асимметричных криптосистемах были проделаны нижеперечисленные операции в нашей программе.

a. Зашифровали некоторый файл по симметричному алгоритму DES и вместе с ключом шифрования передали зашифрованный файл соседу.

b. Получили от соседа файл, зашифрованный по алгоритму DES, а также ключ шифрования, и попытались расшифровать данный файл.

c. Зашифровали для соседа некоторый файл по асимметричному алгоритму RSA и передали зашифрованный файл соседу.

d. Получили от соседа файл, зашифрованный по алгоритму RSA на Нашем открытом ключе, и попытались расшифровать данный файл.

Так как все операции прошли успешно, можно сказать, что получилось реализовать организацию криптографического обмена между двумя абонентами в симметричных и асимметричных криптосистемах.

Литература

1. Теоретические основы компьютерной безопасности. Уч. Пособие для вузов по спец. "Компьютерная безопасность", "Компьютерное обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем"/ П.Н. Девытин, О.О. Михальский, Д.И. Правиков, А.Ю. Щербатов. – М.: Радио и связь.2000 – 190 с.

2. Основы информационной безопасности. Учебное пособие для вузов/Е.Б. Белов, В.П. Лось, Р.В. Мещеряков, А.А. Шелупанов – М.: Горячая линия – Телеком, 2006-544 с.

3. Иванов М.А. Криптографические методы защиты информации в компьютерных системах и сетях. М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2001 – 368 с.

П.К. Шиверов, В.М. Пахомов

ИСТОЧНИКИ ДОВЕРИЯ В КОНТЕКСТЕ СТОЙКОСТИ ПРОТОКОЛОВ АУТЕНТИФИКАЦИИ

(Самарский государственный университет)

Введение

Анализ стойкости протоколов аутентификации, во многом, зависит от возможности установить наличие доверия между двумя или более общающимися абонентами сети.

Если, в процессе выполнения протокола аутентификации, каждая сторона общения убеждается в истинности намерений собеседника, то стойкость протокола может быть полностью доказана.

Модель доверия

Существует ряд трудов, описывающих доверие, как психологическое, философское или социальное понятие [1]. Построение общей модели доверия - крайне сложный процесс, требующий детального и всестороннего рассмотрения. Однако, модель криптографического доверия опирается на конкретный механизм криптографических протоколов.

Доверие может быть доказано в конкретный момент времени или с установленным набором критериев. Однако, это не значит, что доверие доказано наверняка раз и навсегда. Иными словами, принимая доказанность характеристического или временного доверия за 1, можно записать следующее логическое выражение:

$$\lim \bigcup_{i=1}^{\infty} D_i = 1 \qquad (1)$$

где D_i– есть доверие, доказанное на некотором участке выполнения протокола в некоторый момент времени.

Представленное описание доверия идеально и описывает бесконечный ряд проверок, что неосуществимо на практике. Отсюда следует, что доверие может принимать нулевое значение, но никак не может принимать значение единицы. Значение доверия может лишь стремиться к 1, но никогда не может достигнуть его, поскольку невозможно добиться абсолютной уверенности в отсутствии уязвимостей.

Единственным инструментом выработки доверия является анализируемый протокол с его начальными предположениями (стойкость алгоритма шифрования, удачный выбор ключа, свежесть сертификата электронной цифровой подписи и т.д.)[2].

Такой вывод позволяет утверждать, что само понятие доверия идеально. Достигнуть абсолютного доверия (полностью доказать честность участника протокола) невозможно. К нему можно лишь приблизиться, используя некоторое число критериев доверия. Так доказуемость простоты больших чисел определяется применением некоторого набора критериев на простоту. Аналогично, необходимо использовать критерии доверия.

Критерии доверия

В философском понимании доверия существует несколько его источников: этика, репутация, угроза расправы (риск), закон [3].

Понятие доверия, в контексте анализа стойкости протоколов аутентификации с одной стороны включает в себя все эти источники, но с другой стороны, преобразует их в некие новые понятия-критерии.

Далее, будет рассмотрен каждый источник и связанный с ним критерий доверия.

Этика - система моральных и нравственных норм. В контексте протоколов аутентификации, этика представляет собой требования к выполнению непосредственно протокольных обязанностей каждого участника общения. В случае, если в процессе проверки выясняется, что один из абонентов имеет возможность нарушить свои обязанности, доверие, определяемое протоколом,становится нулевым.

Репутация - мнение субъектов о человеке, группе людей или организации на основе определенного критерия. В протоколах аутентификации репутация неизбежно присутствует на уровне прикладного использования. Если один из пользователей протокола (например, интернет-магазин) заботится о своей репутации, то такой подход позволяет выработать доверие каждого пользователя этого протокола по отношению к конкретному участнику – интернет-магазину [4]. Этот критерий очень хорошо подходит для оценки среды использования протокола, а также позволяет углубить представление о доверии в контексте протоколов аутентификации. Отсюда можно выделить понятие *относительного доверия*– доверия, имеющего направление. *A* может доверять*B*, но *B* может не доверять *A*.

Угроза расправы, в протоколах аутентификации может быть определена как риск. В случае пассивных атак на криптографические протоколы, злоумышленник практически ничем не рискует, поскольку, по умолчанию, невидим для участников общения. Такие механизмы проверки стойкости протоколов аутентификации, как метод Долева-Яо, вообще предполагают, что злоумышленник всегда прослушивает каналы связи абонентов [5]. При этом, активные атаки, такие как попытка взять на себя чужую роль или атака отражением, влекут за собой неизбежные риски, связанные, в лучшем случае, с ограничением доступа. Иными словами, при анализе протокола необходимо рассматривать, какими ограничениями рискует злоумышленник. В случае пассивных атак, он не рискует ничем, а потому считается, что такие атаки ведутся постоянно. В случае активных атак, протокол должен иметь встроенные средства защиты и средства выявления злоумышленника с последующей его ликвидацией. Если протокол содержит такие средства защиты, доверие может получить некую количественную оценку.

Закон - свод обязательных норм и правил, регулирующих общественные отношения. Закон включает в себя этические требования, однако, подразумевает обеспечение этих требований путём угрозы расправы. Фактически, закон – это критерий доверия, подразумевающий выполнение сразу всех указанных выше критериев.

Выводы и следствия

Обобщая перечисленные критерии, можно сформировать представление о доверии в контексте понятия стойкости протоколов аутентификации.

Доверие может быть относительным и безотносительным. Безотносительное доверие обязательно включает в себя относительное, поскольку не может быть доверия без объекта и субъекта.

$$D_{безотн}=[d_1,d_2,...d_n], \quad (2)$$

где $d_i \in \{0,1\}$ – есть относительное доверие.

Доверие обязательно может быть оценено путём постановки криптографического протокола в различные условия: присвоение участникам ролей, предположение о возможных видах атак и т.д.

Доверие всегда зависит от наличия в протоколах средств выявления злоумышленников с возможностью последующей их изоляции. Стоимость атаки на протокол определяется стоимостью ответных мер в случае раскрытия вторжения.

Но самое важное следствие, которое необходимо указать, это представление о протоколе, как о функции выработки доверия. В любой системе существует множество абонентов, доверие к которым равно единице. Задача протокола –путём выполнения предустановленных правил, получить доказательство принадлежности конкретного абонента к доверенному множеству.

$$\wp : (A \notin \aleph) \rightarrow (A \in \aleph), \qquad (3)$$

где $\aleph = \{A,B,C,...\}$ - множество доверенных абонентов.

Полученное представление о доверии, как о факторе стойкости протоколов аутентификации, позволит систематизировать представление о методах анализа стойкости протоколов аутентификации и ввести совершенно новые механизмы анализа криптографических протоколов.

Литература

1. Полянская О.Ю. Инфраструктуры открытых ключей: учебное пособие / О.Ю. Полянская, В.С. Горбатов. – М.: Издательство «Открытые системы», 2007. – 370 с.

2. Алфёров А.П. Основы криптографии: учебное пособие / А.П. Алфёров, А.Ю. Зубов, А.С. Кузьмин, А.В. Черемушкин. - М.: Издательство «Гелиос АРВ», 2002 - 480 с.

3. Чмора А.Л. Современная прикладная криптография: учебное пособие / А.Л. Чмора – М.: Издательство «Гелиос АРВ», 2001.– 244 с.

4. 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

5. Черёмушкин А.В. Криптографические протоколы. Основные свойства и уязвимости: учебное пособие – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 272 с.

А.М. Шуваева, А.В. Яковлев

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОТОКОЛА SSL НА ОСНОВЕ СЕТИ ПЕТРИ

(Тамбовский государственный технический университет)

Введение. Существует множество технологий для реализации устойчивой аутентификации. На текущий момент наиболее распространены два протокола обеспечения безопасности на транспортном уровне: протокол SSL (Secure Sockets Layer) и протокол TLS (Transport Layer Security).

Особенности протокола SSL. Протокол обеспечивает конфиденциальность обмена данными между клиентом и сервером, использующими TCP/IP, причём для шифрования используется асимметричный алгоритм с открытым ключом. SSL предоставляет канал, имеющий три основных свойства [1]: аутентификация; надёжность; частность канала.

Сначала SSL делит данные на блоки 214 байтов или меньше. Каждый фрагмент данных сжат методом, согласованным по договору между клиентом и сервером. Чтобы сохранять целостность данных, SSL использует ключевую хэш-функцию для создания кода проверки подлинности (MAC). Чтобы обеспечить конфиденциальность, первоначальные данные и код проверки подлинности зашифрованы с использованием криптографии с симметричными ключами. К зашифрованной полезной нагрузке добавляется заголовок [1].

Для обмена подлинными и конфиденциальными сообщениями клиенту и серверу нужны шесть криптографических объектов секретности. Для их создания между двумя сторонами должен быть установлен один предварительный главный секретный код [1,2]. Для двух объектов, чтобы начать обмен данными, установление сеанса необходимо, но не достаточно, они должны создать между собой соединение. Объекты обмениваются двумя случайными числами и создают, используя главный секретный код, ключи и параметры, необходимые для того, чтобы обмениваться сообщениями, включая установление подлинности и секретность.

Сеанс может состоять из многих соединений. Соединение между двумя сторонами может быть закончено и восстановлено в пределах одного и того же сеанса. Сеанс может быть приостановлен и продолжен снова.

SSL использует два признака, чтобы отличить криптографическую секретность: «писать» (ключ для подписи/зашифрования исходящего сообщения) и «читать» (ключ для подтверждения/расшифрования прибывающего сообщения).

SSL содержит четыре протокола на двух уровнях [1]: протокол передачи записей; протокол установления соединения; протокол изменения параметров шифрования; аварийный протокол.

Процедура установления связи происходит в четыре фазы [1], изображенных на рис. 1.

В фазе I клиент и сервер объявляют характеристики безопасности, устанавливается ID сеанса, согласуется конкретный метод сжатия. Далее, выбирают два случайных числа, чтобы создать главный секретный код. В этой фазе сто-

роны обмениваются двумя сообщениями: «ClientHello» и «ServerHello». В фазе II сервер, если необходимо, подтверждает свою подлинность. Фаза III предназначена для подтверждения подлинности клиента. От клиента серверу можно передать до трех сообщений. В фазе IV клиент и сервер передают сообщения, чтобы изменить спецификацию шифра и закончить процедуру установления связи, происходит обмен четырьмя сообщениями [2].

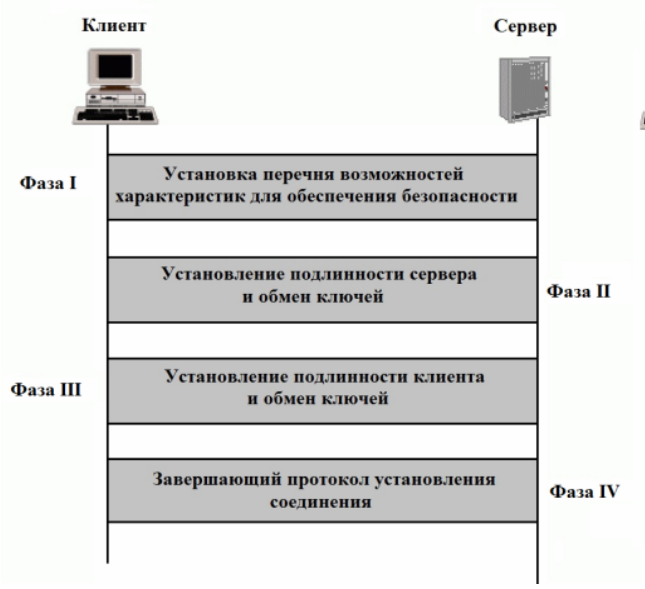


Рис. 1. Протокол установления соединения

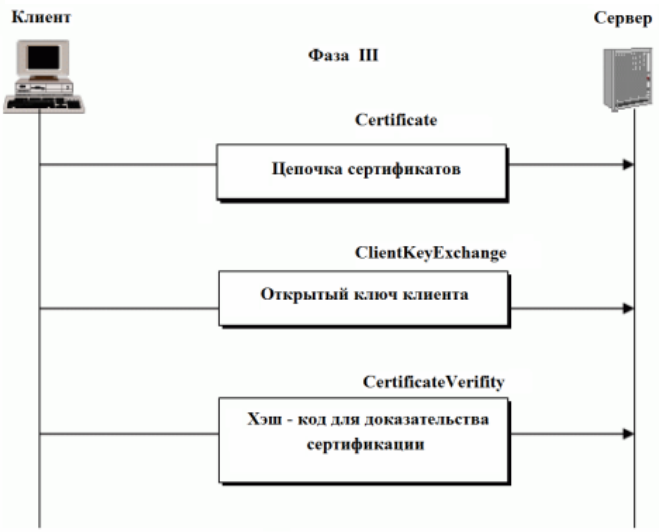


Рис. 2. Протокол установления соединения (фаза III)

Рассмотрим подробнее фазу III (рис. 2) [1].

Сертификат. Чтобы сертифицировать себя на сервере, клиент передает сообщение «Certificate», включающее цепочку сертификатов. Такое сообщение передают, только если сервер запросил сертификат в фазе II.

ClientKeyExchange. После передачи сообщения «Certificate» клиент передает сообщение «ClientKeyExchange», которое включает в себя вклад в предварительный главный секретный код.

Верификация сертификата. Если клиент передал сертификат, объявляющий о наличии открытого ключа в сертификате, он должен доказать, что знает и соответствующий секретный ключ. Доказательство владения секретным ключом он представляет, создавая сообщение и подписывая его секретным ключом [2].

Преимуществом SSL является то, что он независим от прикладного протокола. Протоколы приложения, такие как HTTP, FTP, TELNET и другие могут работать поверх протокола SSL совершенно прозрачно.

Основными целями протокола являются: криптографическая безопасность; совместимость; расширяемость; эффективность. SSL поддерживает три типа аутентификации: аутентификация обеих сторон, аутентификация сервера с неаутентифицированным клиентом и полная анонимность [2].

Атака типа «злоумышленник посередине» предполагает участие трех сторон: сервера, клиента и злоумышленника, находящегося между ними. В данной

ситуации злоумышленник может перехватывать все сообщения, следующие в обоих направлениях, и подменять их. Злоумышленник представляется сервером для клиента и клиентом для сервера. Но такая атака невозможна при использовании протокола SSL, так как для проверки подлинности источника используются сертификаты, заверенные центром сертификации.

Протокол SSL состоит из двух основных частей: протокола рукопожатия, отвечающего за процедуру аутентификации и выработки ключей защищенного обмена, и протокола передачи данных.

Наиболее сложная часть протокола SSL – протокол рукопожатия, состоящая из последовательного обмена сообщениями между инициатором протокола или клиентом и сервером. Подробно последовательность шагов протокола SSL изложена в источнике [1].

Динамическая модель протокола SSL на основе сети Петри [3]. Обозначения элементов этой сети следующие:

1) конечное множество позиций:

$P = \{p_1, p_2, p_3, p_4, p_5, p_6, p_7, p_8, p_9, p_{10}, p_{11}, p_{12}, p_{13}, p_{14}, p_{15}, p_{16}, p_{17}, p_{18}, p_{19}, p_{20}, p_{21}, p_{22}, p_{x1}, p_{x2}\}$.

2) конечное множество переходов:

$T = \{t_1,t_2,t_3,t_4,t_5,t_6,t_7,t_8,t_9,t_{10},t_{11},t_{12},t_{13},t_{14},t_{15},t_{16}\}$.

3) множество входных позиций перехода:

$I(t_1)=\{p_1\}$, $I(t_2)=\{p_1, p_{11}\}$, $I(t_3)=\{p_3, p_{12}\}$, $I(t_4)=\{p_4\}$, $I(t_5)=\{p_5, p_{10}\}$, $I(t_6)=\{p_6\}$, $(t_7)=\{p_7\}$, $I(t_8)=\{p_8, p_{13}\}$, $I(t_9)=\{p_9, p_{x1}\}$, $I(t_{10})=\{p_{14}\}$, $I(t_{11})=\{p_9, p_{x2}\}$, $I(t_{12})=\{p_{16}\}$, $I(t_{13})=\{p_{15}\}$, $I(t_{14})=\{p_{16}, p_{19}\}$, $I(t_{15})=\{p_{17}, p_{20}\}$, $I(t_{16})=\{p_{18}\}$.

4) множество выходных позиций перехода:

$O(t_1)=\{p_2, p_{10}\}$, $O(t_2)=\{p_3\}$, $O(t_3)=\{p_4\}$, $O(t_4)=\{p_9, p_{13}\}$, $O(t_5)=\{p_6\}$, $O(t_6)=\{p_7, p_{11}\}$, $O(t_7)=\{p_8, p_{12}\}$, $O(t_8)=\{p_{16}\}$, $O(t_9)=\{p_9\}$, $O(t_{10})=\{p_{16}\}$, $O(t_{11})=\{p_{14}, p_{15}\}$, $O(t_{12})=\{p_5\}$, $O(t_{13})=\{p_{17}, p_{19}\}$, $O(t_{14})=\{p_{18}\}$, $O(t_{15})=\{p_{21}\}$, $O(t_{16})=\{p_{20}, p_{22}\}$.

5) начальная маркировка:

$\mu_0=\{1,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,1\}$.

Динамическая модель, выполнена с помощью программного продукта Pipe 3.0 и изображена на рис. 3.

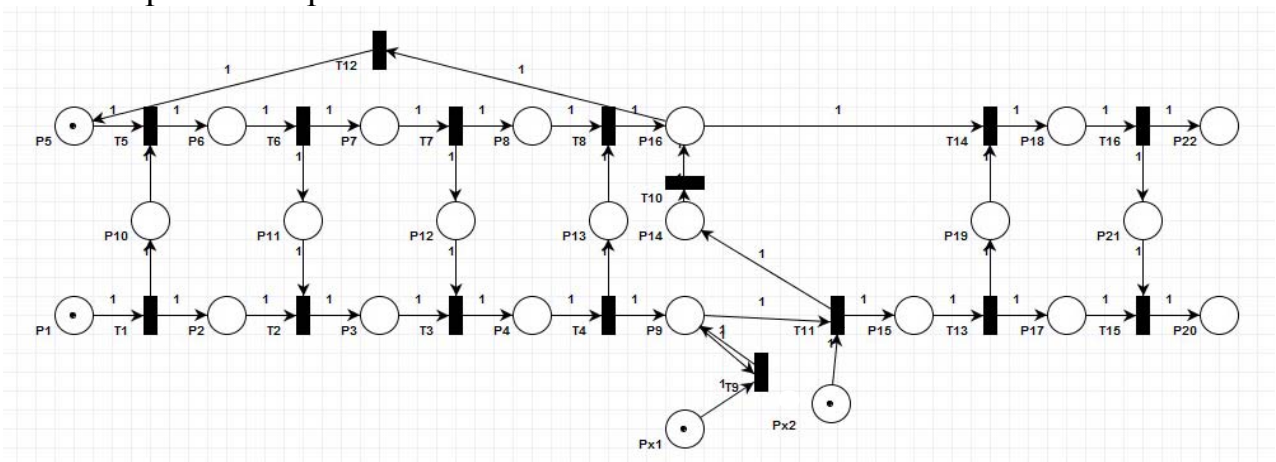


Рис. 3. Сеть Петри, моделирующая алгоритм работы протокола SSL.

Таблица 1 – Содержание компонентов модели протокола SSL

Обозн. Элемента	Описание	Маркировка	Обозн. элемента	Описание
p_1, p_5	Начальное состояние	$\mu\{p_1\}=1$, $\mu\{p_5\}=1$	t_1	Отправить сообщение «ClientHello»
P_2	Отправлен запрос на установление соединения		t_2	Получить сообщение «ServerHello»
p_3, p_7	Соединение установлено		t_3	Получить сертификат сервера
p_4	Сертификат сервера получен		t_4	Отправить сертификат клиента
p_8	Сертификат сервера отправлен		t_5	Получить сообщение «ClientHello»
p_9	Подсистема идентификации клиента		t_6	Отправить сообщение «ServerHello»
p_{10}	Сообщение «ClientHello»		t_7	Отправить сертификат сервера
p_{11}	Сообщение «ServerHello»		t_8	Получить сертификат клиента
p_{12}, p_{13}	Сообщение «Сертификат сервера (клиента)»		t_9	Проверка идентификатора
p_{14}	Отправлено сообщение об ошибке		t_{10}	Отправить сообщение об ошибке
p_{15}	Позитивный отклик		t_{11}	Проверка аутентичности параметра
p_{16}	Продолжение/прерывание сеанса		t_{12}	Вернуться в начальное состояние
p_{17}, p_{18}	Отправлено/получено сообщение «Finished» (от клиента)		t_{13}	Отправить сообщение «Finished» (от клиента)
p_{19}, p_{20}, p_{21}	Получено сообщение «Finished» (от сервера)		t_{14}	Получить сообщение «Finished» (от клиента)
p_{22}	Отправлено сообщение «Finished» (от сервера)		t_{15}	Получить сообщение «Finished» (от сервера)
p_{x1}	Ввод идентификатора	$\mu\{p_{x1}\}=1$	t_{16}	Отправить сообщение «Finished» (от сервера)
p_{x2}	Генерация и ввод значения	$\mu\{p_{x2}\}=k$		

Заключение. Таким образом, была построена модель, реализующая алгоритм работы криптографического протокола SSL на основе сетей Петри, а также проведен анализ по таким параметрам, как ограниченность, безопасность, активность, обратимость и достижимость тупиковой разметки. Из проанализированных поведенческих свойств модели можно сделать вывод, что каждое свойство для реальных протоколов важно и должно соблюдаться: ограниченность – это следствие безопасности, достижимость тупиковой разметки – это конечность функционирования модели, активность – работоспособность и необходимость данного перехода.

Литература

1. Семенов Ю.А. Протокол SSL. Безопасный уровень соединителей – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://book.itep.ru/6/ssl_65.htm [Дата обращения 10.02.2014].
2. SSL - Аутентификация и обмен ключами – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://chinapads.ru/c/s/ssl_-_autentifikatsiya_i_obmen_klyuchami [Дата обращения 10.02.2014]
3. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем./ Дж. Питерсон - М.: Мир, 1984 - 264 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ

О.В. Абросимова, А.Ю. Тычков, А.В. Кузьмин

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА РЕГИСТРАЦИИ АРТЕРИАЛЬНОГО ДАВЛЕНИЯ

(ФГБОУ ВПО Пензенский государственный университет)

В связи со стремительным развитием электроники и микропроцессорной техники большинство технические средств и процессы, протекающих в них стали автоматизированными, затронувшее многие технологические сферы развития общества, в частности область медицинского приборостроения.

По данным Всемирной организации здравоохранения, сердечно-сосудистые заболевания являются основной причиной смерти во всем мире. Поэтому оказание современной и эффективной помощи пациенту часто зависит от профессиональной оценки функционального состояния сердечно-сосудистой системы, важнейшими параметрами которой являются пульс и уровень артериального давления. Обработка сигналов типа пульсовые колебания лежит в основе принципа действия современных устройств измерения артериального давления - тонометров.

Тонометры представляют собой устройства, совокупно состоящие из датчика давления, микроконтроллера и механизма регулирования давления в манжете, включающий в себя миниатюрный электронасос, пару клапанов и помпу. Помимо базовой элементной комплектации для современных автоматических тонометров разрабатывают и далее внедряют принципиально новый функционал, при котором происходит усовершенствование процесса управления устройством, удовлетворяющего спрос на те или иные возможности устройства. Так, например, создают дополнительные связи для работы с внешними периферийными устройства и соединения с персональным компьютером и/или мобильным устройством, оснащают блоком питания (сетевым адаптером), используют опцию речевого гида и прочее. Все альтернативные варианты изменения элементной базы тонометра направлены на совершенствование алгоритма измерения артериального давления и пульса (частоты сердечных сокращений), включающего в себя полную обработку сигнала и его анализ. Процесс измерения артериального давления заключается в поэтапном снятии показаний прибора в зависимости от уровня кровяного давления в аорте, создаваемого манжетой в определенный момент времени.

Результатом измерения артериального давления является показатели систолического (верхнего), снимаемого в момент возникновения первичных звуковых явлений, при этом давление в аорте в систоле выше давления в

манжете, и диастолического (нижнего), снимаемого в момент ослабления и окончательного исчезновения звуковых явлений в аорте, давлений. Числовые значения показателей уровня давления определяются посредством автоматизированной математической обработки, описанной с применением наиболее удобного языка программирования.

На сегодняшний день большой популярностью пользуется среда визуально-графического программирования LabVIEW фирмы National Instruments. Достоинством данной среды является наглядное представление схемного решения устройства в виде разработанного виртуального прибора любой сложности, отражающего как внутреннюю схемную топологию в иконочном виде, так и внешнюю панель отображения результатов преобразования. На рисунке 1 приведена схема разработанного устройства измерения артериального давления.

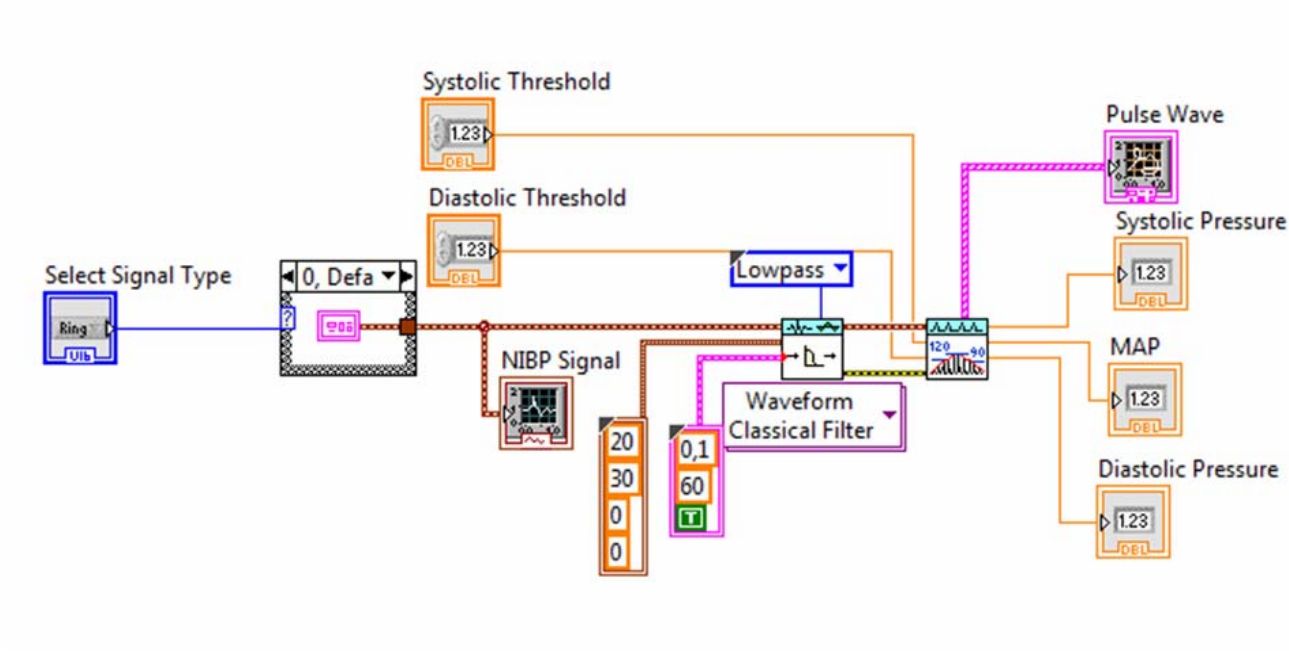


Рис. 1. Схема устройства

Схемотехническая реализация устройства представляет собой набор виртуальных устройств состоящих из следующих элементов:

– Блок выбора и загрузки сигнала. Источником сигнала схемы являются три файла данных, в которых записан сигнала артериального давления (нормальный, гипертония, гипотония), в процессе работы с помощью блока выбора (Select Signal Type) можно делать переключения между ними.
– Фильтр нижних частот. Осуществляет очистку сигнала от помех, которые могут повлиять на точность измерений.
– Блок обработки сигнала. Этот блок позволяет выделить информативные параметры сигнала: систолическое, диастолическое давление, среднее артериальное давление, выводит график пульсовой волны на лицевую панель.

Разработанный виртуальный макет позволяет изучать свойства пульсовых

сигналов, исследовать особенности обработки данных с помощью виртуальных аналогов реальных аппаратных устройств, а также спроектировать собственное измерения артериального давления и выбрать подходящую элементную базу для его реализации.

Результаты работы могут быть использованы при подготовке специалистов медико-технического профиля и в качестве базы для практических работ студентов.

М.В. Андреев, Д.Б. Гордеев, Д.М. Мартышкин,
П.В. Ситников, О.Л. Сурнин, С.В. Федотов

ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ОНТОЛОГИЙ И БАЗ ЗНАНИЙ В СФЕРЕ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

(ООО «Открытый код»)

Введение

В настоящее время в мире угрожающими темпами нарастает частота заболеваний, причинно связанных с нарушением питания, жирового и углеводного обмена, таких как артериальная гипертония, атеросклероз, ишемическая болезнь сердца, сахарный диабет 2 типа. Об актуальности проблемы говорит то обстоятельство, что сейчас с осложнениями этих заболеваний связаны причины смерти 56% от числа всех умерших людей. Значительно возросли прямые и косвенные материальные потери, связанные с лечением данных заболеваний и их осложнений, а также с временной или стойкой утратой трудоспособности.

Данную ситуацию можно существенно исправить благодаря ранней диагностике рисков развития заболеваний, связанных с обменом веществ, и проведения комплекса мер по уменьшению этих рисков. Однако существующие в медицине на данный момент подходы оказываются либо недостаточно точными, либо не дают людям индивидуализированных и адаптированных программ коррекции питания и образа жизни, достаточно простых и удобных в использовании, направленных на уменьшение рисков развития заболеваний.

Современный уровень развития информационных технологий позволяет решать данную проблему на системном уровне, обеспечивая возможность прогнозирования вероятности появления тех или иных заболеваний, а также определения индивидуализированного алгоритма действий, призванных снизить эту вероятность, улучшить состояние здоровья и качество жизни человека.

К числу таких технологий относятся онтологии и базы знаний.

Особенности применения онтологий в сфере здравоохранения

Для решения указанных проблем разрабатывается специализированная информационная система (система поддержки принятия решений) для индивидуального прогнозирования и коррекции риска развития основных социально-значимых заболеваний, вызванных метаболическими нарушениями, в основу которой заложены *онтологии* клинических рекомендаций и компьютерные

средства представления знаний. Применение онтологического подхода к созданию системы наиболее целесообразно, поскольку онтологии позволяют наиболее полно описать *медицинские знания*, содержащиеся в клинических рекомендациях, пополнять эти знания и использовать их в процессе принятия решений.

При создании системы были изучены, в общей сложности, порядка 150 параметров анамнеза, характера питания и двигательной активности, антропометрических данных, данных лабораторных исследований биохимических, генетических и гормональных показателей, полученных от 150 пациентов, страдающих ожирением и заболеваниями обмена веществ, такими как ишемическая болезнь сердца, атеросклероз, артериальная гипертония, сахарный диабет разной степени выраженности, изучены изменения этих параметров в процессе лечения с применением различных схем терапии, в том числе с включением питательных смесей, предназначенных специально для лечения ожирения и связанных с ним заболеваний обмена веществ.

По результатам данного исследования совместно с медицинскими специалистами в области диетологии была разработана корреляционная модель показателей с рисками наличия или развития заболеваний обмена веществ, на основе которой была разработана модель онтологии (семантической сети) системы поддержки принятия решений. На рисунке 1 представлен фрагмент данной онтологии:

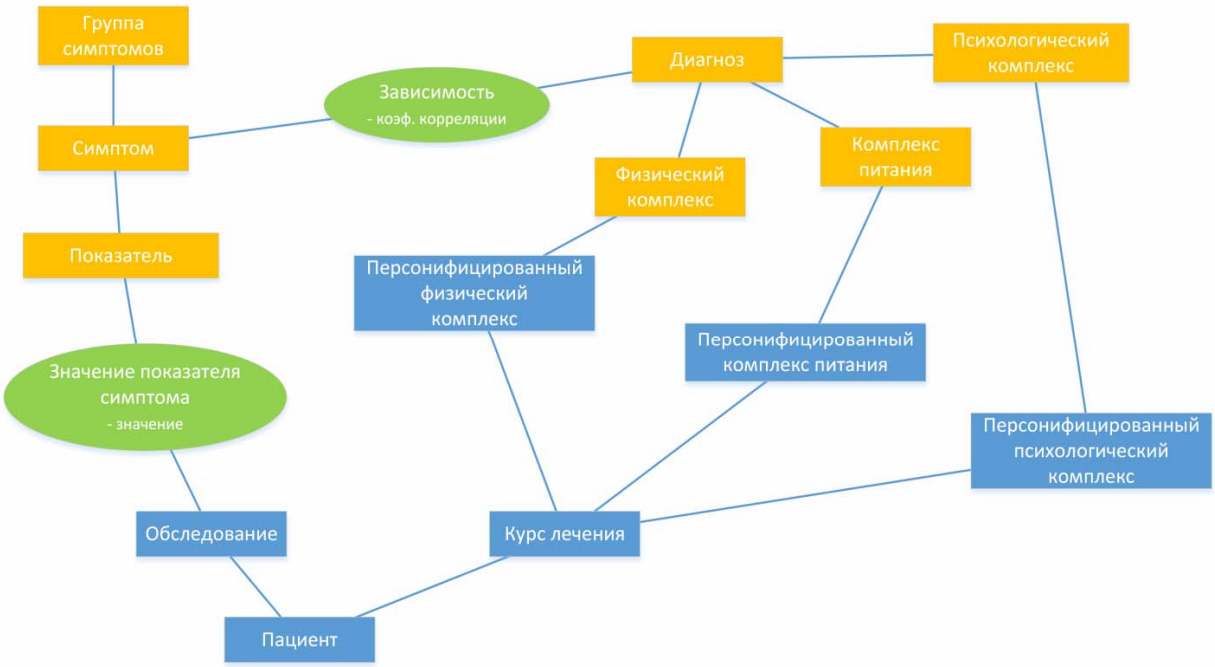


Рис. 1. Семантическая сеть

Жёлтым цветом выделены сущности знаний, относящиеся к профессиональной сфере врачей-диетологов, синим цветом – персонифицированные знания, связанные с каждым конкретным пациентом. Синие линии – простые отношения между сущностями, зеленые фигуры указывают на наличие сложных отношений, имеющих свои собственные атрибуты.

В соответствии с рисунком 1 каждый пациент имеет данные обследования и назначенный курс лечения. Обследования пациента через атрибуты значений показателя симптома связаны с показателями симптомов, которые сгруппированы по видам. Между симптомами и диагнозами установлена корреляционная связь. Курс лечения для пациента определяется физическим комплексом, комплексом питания и психологическим комплексом, которые являются персонифицированными, и каждый из них через свою классификацию зависит от поставленного диагноза, что учитывается системой в процессе работы.

На следующем рисунке представлена экранная форма описания групп симптомов и показателей в онтологии.

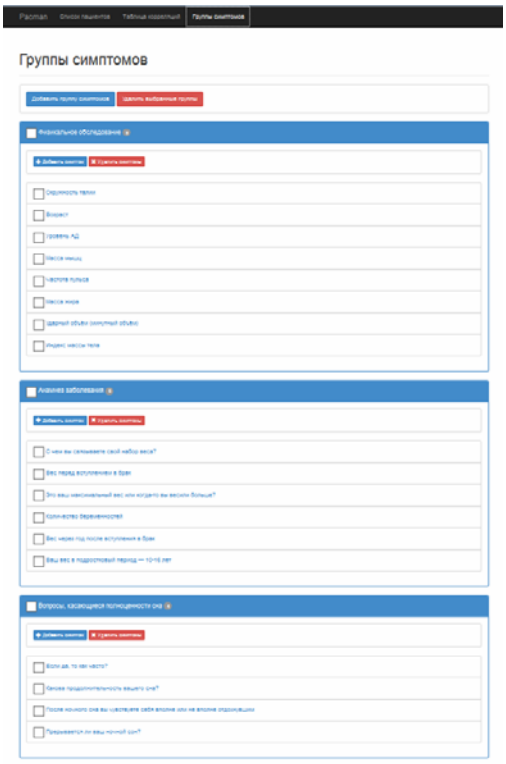


Рис. 2. Использование онтологического подхода
для описания групп симптомов и показателей

На данном этапе система позволяет добавлять и удалять показатели (симптомы) для определения вероятности наступления заболевания, распределённые по группам.

Показатели (симптомы) связываются с диагнозами посредством таблицы корреляций, определенной в соответствии с выявленными зависимостями (см. Рисунок 3).

Для каждого значения показателя (симптома) вводится степень его воздействия на вероятность развития того или иного диагноза:

– от 0 до ± 1 - фактор не имеет ведущего значения в развитии данного заболевания (нет отчётливой прямой корреляции);
– от +2-3 до -2-3 - фактор имеет определённое значение (обнаруживается определённая прямая или обратная корреляция);

– от +4-5 до -4-5 фактор имеет ведущее значение (обнаруживается выраженная прямая или обратная корреляция);
– +/- - показывает наличие прямой или обратной качественной связи.

На следующих этапах проектирования будет реализована функциональность определения вероятного диагноза пациента и создания персональных рекомендаций по устранению рисков возникновения заболеваний обмена веществ.

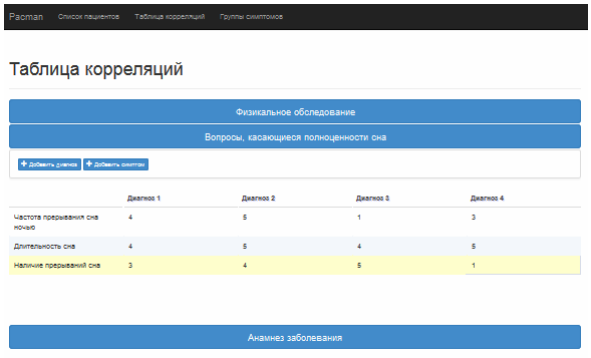


Рис. 3. Таблица корреляций симптомов и диагнозов

Заключение

Возможность более раннего прогнозирования диагноза позволяет осуществлять лечение направленно и своевременно, что в свою очередь оказывает прямое влияние на положительные результаты. В данном контексте можно говорить об управлении диагнозами, в основе которого лежат знания экспертов, задаваемых в виде онтологий причинно-следственных отношений. Возможность автоматического формирования паттернов, обобщающих опыт лечения других пациентов, позволяет осуществлять прогнозирование более точно, принимать более взвешенные решения и повысить качество жизни пациента в более короткие сроки.

И.Л. Давыдкин, А.В. Колсанов, В.С. Куваев,
О.Е. Данилова, В.Ю. Куринский, Е.О. Рубан, П.Ю. Овсянников

АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ФЛОУРИСК» ДЛЯ РАННЕЙ ДИАГНОСТИКИ СЕРДЕЧНОСОСУДИСТЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ МЕТОДОМ ЛАЗЕРНОЙ ДОППЛЕРОВСКОЙ ФЛОУМЕРТРИИ

(ООО «Р5», ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет»)

Сердечно-сосудистые заболевания являются причиной смертности № 1 во всем мире. Ежегодно от болезней сердца в мире умирает порядка 17 миллионов человек. В России же на сердечнососудистые заболевания (далее ССЗ) приходиться порядка 57% от всех случаев смертей.

В Западной Европе наблюдается постоянная тенденция к снижению смертности от ССЗ, тогда как в России, напротив, с середины прошлого века растет смертность по этому показателю. Сейчас Россия занимает одно из первых мест среди развитых стран по смертности от болезней сердца.

В данной ситуации возрастает актуальность и необходимость любых разработок, которые способны помочь практическому здравоохранению в решении задач раннего и точного диагностирования заболеваний сердечнососудистой системы.

Разработка «Флоуриск» является аппаратно-программным комплексом, позволяющим проводить диагностирование состояния сердечнососудистой системы и определять отклонения от нормы на ранней стадии.

Работа системы организована по принципу телемедицинского сервиса, когда пациент может находиться на удалении от врача-диагноста, принимающего решение о состоянии его здоровья. Регистратор, в качестве которого может выступать средний медицинский персонал, проводить обследование пациента и отправляет данные на сервер АПК для проведения расшифровки. Врач-диагност проводит расшифровку. Система автоматически информирует Регистратора о готовности результатов, и он сообщает их пациенту. Таким образом, не требуется очное посещение специалиста для расшифровки результатов обследования.

Использование принципа телемедицинского сервиса позволяет решить проблему нехватки кадров в медицинской сфере. Работаю удаленно, врач-специалист имеет возможность обслуживать сразу несколько учреждений, у него нет необходимости тратить время на выезд к пациенту. Особенно эффективно применение этого метода в территориально удаленных районах, например, на базе Центральный районных больниц, где наблюдается низкое качество оказываемой медицинской помощи и нехватка кадров.

Обследование, проводимое на АПК «Флоуриск», включает в себя:

- анкетирование для сбора анамнеза, согласно Европейским критериям стратификации риска сердечнососудистых заболеваний;
- кардиологический осмотр, включающий измерение САД на плече, САД на голени, пульса, объема талии и так далее;
- метод лазерной допплеровской флоуметрии (далее ЛДФ) – неинвазивный высоко информативный метод для оценки состояния микроциркуляции крови. Обследование включает в себя 3 стадии:
    - проба в покое;
    - проба с задержкой дыхания;
    - окклюзионная проба с пережатием магистральных артерий на обследуемой руке пациента.

В ходе проведения обследования методом ЛДФ вычисляются 12 параметров микроциркуляции крови пациента, среди которых основными являются следующие:

- M (средняя перфузия);

– Аэ\σ (приток крови через примыкающие к микроциркуляторному руслу мелкие артерии);
– Sm (индекс относительной перфузионной сатурации кислорода).

АПК «Флоуриск» проводить автоматический анализ полученных ответов, данных осмотра и обследования методом ЛДФ. В зависимости от полученных результатов обследованию пациента присваивается определенное количество баллов. Заключение позволяет сделать выводы о состоянии микроциркуляции крови и функции эндотелия обследуемого. Отклонения данных параметров от нормы означают факторы риска развития сердечно-сосудистых заболеваний.

По итогам проведенного обследования, в зависимости от количества начисленных баллов, пациент может быть отнесен к одной из 3-х возможных групп риска развития ССЗ:

– 1 группа – низкий риск развития ССЗ в ближайшее время. Рекомендован здоровый образ жизни и повторное наблюдение через 6 месяцев.
– 2 группа – средний риск развития ССЗ. По необходимости назначаются дополнительные обследования для уточнения диагноза, профилактическое лечение, посещения профильных специалистов.
– 3 группа – высокий риск развития ССЗ. Необходимо оказание срочной медицинской помощи для предотвращения фатальных последствий для жизни и здоровья пациента.

Кроме отнесения к группе риска, в заключении АПК «Флоуриск» будут так же даны рекомендации по профилактическому лечению и / или назначены дополнительные обследования для уточнения диагноза.

Автоматическое заключение системы должно быть подтверждено, либо внесены требуемые изменения врачом-диагностом. Только после одобрения специалистом заключение может быть выдано пациенту.

На финальной стадии разработки проекта нами было проведено 2 пилотных внедрения для апробации комплекса. Одно пилотное внедрение было проведено на базе Шенталинской и Исаклинской центральных районных больниц с целью проверки работоспособности комплекса как телемедицинского сервиса. Второе пилотное внедрение прошло на базе ГБУЗ СО «Самарской городской поликлинике №6 Промышленного района» с целью проверки работоспособности комплекса в условиях городской поликлиники.

Распределение пациентов по группам риска, в ходе проведения пилотных внедрений приведены в таблицах ниже:

ГБУЗ СО «Самарская городская поликлиника №6 Промышленного района»:

Группа риска	1 группа		2 группа		3 группа	
Пол:	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.
Кол-во:	14	84	57	246	12	49
Итого:	462					

Шенталинская и Исаклинская центральная районная больницы:

Группа риска	1 группа		2 группа		3 группа	
Пол:	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.	Муж.	Жен.
Кол-во:	12	53	58	74	9	26
Итого:	232					

По итогам проведенного пилотного внедрения АПК «Флоуриск», предназначенного для ранней диагностики риска развития сердечнососудистых заболеваний, можно сделать следующие выводы:

– внедрение АПК «Флоуриск» повышает лояльность пациентов к поликлинике и к оказываемым медицинским услугам. Разработка «Флоуриск» относиться к инновационным комплексам, использование которых говорит о высоком уровне автоматизации в лечебном учреждении и о следовании современным тенденциям в здравоохранении. В ходе проведения пилотного внедрения была отмечена высокая явка пациентов и их активный интерес к проводимым обследованиям.
– внедрение АПК «Флоуриск» способствует ранней диагностики риска развития сердечнососудистых заболеваний. Установление диагноза на ранней стадии позволяет своевременно принять меры по корректировки состояния пациента, а, следовательно, сократить расходы на лечение, по сравнению с затратами на лечение прогрессивной стадии заболевания.
– в ходе проведения исследования была установлены высокая информативность метода. Более 90% диагнозов, поставленных АПК «Флоуриск» было верифицировано с методами объективной диагностики. Так же были выявлены и скорректированы случаи гипердиагностики и впервые установленные диагнозы.
– обследование на АПК «Флоуриск» является высоко информативным и удобным методом диагностики, так как используется неинвазивный метод лазерной допплеровской флоуметрии. Данный метод не требует проведения лабораторных исследований, закупки реагентов, транспортировки биологических жидкостей. Кроме того, с проведением обследования успешно справляется средний медицинский персонал.

Таким образом, мы считаем, что АПК «Флориск» может быть рекомендован для использования в рамках кабинетов здоровья, а также в рамках диспансеризации, так как дает возможность быстро, легко, неинвазивно и с высокой долей вероятности определить склонность пациентов к сердечнососудистым заболеваниям.

Б.А. Есипов, Е.А. Боряев, Е.С. Губанов

МОДЕЛИРОВАНИЕ И РЕШЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ МЕДИЦИНЫ НА ОСНОВЕ РЕГРЕССИОННОГО АНАЛИЗА

(Самарский государственный аэрокосмический университет,
Самарский государственный медицинский университет)

Медицинские экспертные системы позволяют врачу не только проверить собственные предположения, но и обратиться к компьютеру за консультацией в трудных диагностических случаях, а также в выборе метода лечения [2].

При принятии решения о проведении хирургической операции врач руководствуется большим числом индивидуальных факторов, присущих пациенту, а так же предшествующим опытом лечения большого числа больных. В этом смысле интуиция врача – это *знание*, базирующееся на опыте, т.е. статистическом материале. Поэтому естественно развивать индустрию получения медицинских знаний на глубокой обработке статистического материала.

Целью настоящей работы является применение математических методов анализа результатов хирургических вмешательств на основе статистических данных о пролеченных пациентах и получение количественных моделей зависимости результатов медицинских операций от факторов, определяющих индивидуальные параметры больных и вида лечения.

Математический аппарат многофакторного регрессионного анализа является эффективным приемом для решения разнообразных медицинских задач. В частности отделение урологии клиник СГМУ располагает большим объемом статистических данных, однородных по видам терапий, с результатами лечения и послеоперационными наблюдениями. Глубокая статистическая обработка этой информации позволяет решать некоторые новые задачи медицинской практики.

Будем определять успешность медицинской операции некоторыми количественным критериями y_j , j – номер критерия. В нашей работе мы применяли четыре критерия, измеряющих тяжесть послеоперационных осложнений: y_1 – недержание мочи, y_2 - острая задержка мочи, y_3 – прогрессия заболевания, y_4 - стриктура. Идеальное значение всех критериев y=0.

С каждым пациентом связано большое количество индивидуальных факторов, которые по вероятности влияют на успешность операции ***A***, обозначим их x_i, где i – номер фактора. Факторы могут быть как количественными, так и качественными. Знание этих значений (y_j,x_i), полученных по результатам лечения большого количества больных дает возможность применить методику статистического многофакторного регрессиооного анализа. Она заключается в получении уравнений регрессии $\hat{y}_j = f_A(x_1,x_2, \ldots x_m)$ - где $\hat{y}_j$ - среднее ожидаемое значение критерия j.

В основу была положена модель линейной множественной регрессии

$$y^k = \beta_0 + \beta_1 x^k_1 + \beta_2 x^k_2 + \ldots + \beta_m x^k_m + \varepsilon^k \ ,$$

где k- номер наблюдения $(k=1,n)$
или в матричном виде

$$\mathbf{y} = \boldsymbol{\beta}\, \boldsymbol{X} + \boldsymbol{\varepsilon} \ .$$

Здесь **y** – вектор объясняемых переменных; **ε** – вектор значений ошибки; **β** – вектор коэффициентов; ***X*** – матрица объясняющих переменных размером $n\cdot(m+1)$, в которой первый столбец содержит единичные элементы. Известно [1], что тогда оценки коэффициентов **β**, полученные по методу наименьших квадратов, определяются выражением

$$\boldsymbol{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y.$$

Это выражение справедливо и для других моделей регрессии, у которых неизвестными являются коэффициенты при любых степенях x.

Технически задача получение такой зависимости не представляет трудности при применении компьютерных программ. Другое дело определение *значимости* полученной зависимости и сопоставление выводов статистических методов с медицинскими рекомендациями. С точки зрения создания экспертной системы такая зависимость представляет собой *знание,* на основе которого можно построить многие интеллектуальные процедуры вывода. Перечислим некоторые практические задачи, которые можно решать с использованием найденного уравнения регрессии.

1. Если на обучающей выборке получено уравнение регрессии, то можно поставить задачу классификации пациентов по критериям успешности операции ***A***. Для этого предварительно разбиваем пространство критериев на две части – допустимую и недопустимую. Медики - эксперты указывают границы допустимых значений критериев y_j^0. Тогда допустимым множеством критериев будет такое $\boldsymbol{Y^0}$, где по всем критериям выполняется неравенство $y_j < y_j^0$, для всех j. Все другие сочетания значений критериев образуют недопустимое множество $\boldsymbol{Y^R}$ (зона риска).

2. Можно классифицировать нового пациента с точки зрения успешности операции ***A***. Для этого необходимо получить результаты анализов этого пациента по стандартизованной схеме $(x_1,x_2, \ldots x_m)$, подставить эти значения в уравнение регрессии для предполагаемого вида терапии ***A*** и проверить полученные значения критериев на принадлежность к множеству $\boldsymbol{Y^0}$.

3. Уравнение регрессии можно использовать для установления границ изменения результирующего параметра y_j если известны некоторые границы изменения факторных величин x_i . Пусть $y = a_0 + a_1x_1 + \ldots + a_nx_n$ - полученное и статистически значимое уравнение регрессии. Нам нужно определить Δy, если известны Δx_i . Т.к. для линейной функции многих переменных полный дифференциал и полное приращение совпадают ($dy=\Delta y$), а частные производные по i-му аргументу равны a_i , то по формуле полного дифференциала получим $dy = \Delta y = a_1\Delta x_1 + \ldots + a_n \Delta x_n$. Здесь все величины a и Δx могут быть как >0 , так и <0. Поэтому удобно использовать оценку

$$\Delta y \le |a_1|\ |\Delta x_1| + \ldots + |a_n|\ |\Delta x_n| \ . \qquad (1)$$

4. Важным для практики является вопрос нахождения пределов изменения Δx_i при заданных границах изменения результирующего параметра Δy. То есть, если известны допустимые осложнения после операции ***A***, то можно определить границы соответствующих факторов Δx_i.

Чтобы найти Δx_i, если задана величина Δy, используем (1) и получим

$$|\Delta x_i| \geq \frac{1}{|a_i|}(\Delta y - \sum_{k \neq i}^{n} |a_k| \cdot |\Delta x_k|) \quad (2)$$

Задача получения всех вариантов Δx_i ($i=1,2,3,\ldots,n$) при заданном Δy может быть решена только перебором в компьютерной программе.

5. Важной практической задачей является определение факторов x_i наиболее коррелированных с результирующим параметром y. Эта задача решается специальными методами математической статистики на основе компьютерных экспериментов с массивом статистических данных.

Рассмотренный подход может быть применен для прогнозирования успешности любых видов лечения. В работе рассмотрены примеры применения регрессионного анализа для четырех видов терапий: *ультразвуковой абляции (HIFU), радикальной простатэктомии (РПЭ), дистанционной лучевой терапии (ДЛТ), брахиотерапии (контактной лучевой терапии).*

В исследование вошли от 50 до 80 больных раком предстательной железы пролеченных указанными методами. Все пациенты перед лечением прошли комплексное обследование для определения стадии заболевания и состояния мочевыделительной системы.

Разработана компьютерная программа получения уравнений множественной линейной регрессии. Результаты, проведенные для различных видов терапий и четырех результирующих параметров y_j, показали значимость полученных уравнений на уровне 0,05. Множественные коэффициенты детерминации оказались порядка 0,5, т.е коэффициенты корреляции около 0,7.

Литература

1. Приходько, А.И. Практикум по эконометрике: регрессионный анализ средствами Excel [Текст]/А.И. Приходько. – Ростов н/Д.: Феникс, 2007.-266 с.

2. Андрейчиков, А.В. Интеллектуальные информационные системы [Текст]/ А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова – М.: Финансы и статистика, 2006. – 424 с.

Е.Е. Ивашко[1], Н.Н. Никитина[1,2], S.Möller[2]

ВИРТУАЛЬНЫЙ СКРИНИНГ В ENTERPRISE DESKTOP GRID НА БАЗЕ ПЛАТФОРМЫ BOINC*

([1]ФГБУН Институт прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН, г. Петрозаводск, Россия; [2]University of Lübeck, Department of Dermatology, Lübeck, Germany)

В работе представлен опыт разработки и использования инфраструктуры Enterprise Desktop Grid на базе BOINC для проведения виртуального скрининга. Представлено описание и оценка производительности Enterprise Desktop Grid, созданной в рамках совместного научно-исследовательского проекта отделения дерматологии университета г. Любек (UKSH) и Института прикладных математических исследований Карельского научного центра РАН (ИПМИ). Приведен обзор результатов виртуального скрининга.

Введение

В биологии и медицине выделяется ряд вычислительноемких научно-исследовательских задач. Многие из этих задач обусловлены острой необходимостью в разработке новых лекарственных средств и повышении эффективности и безопасности клинически испытанных лекарств. Этапы испытания лекарств в лаборатории и клинических условиях предваряет сложный процесс отбора и подготовки «кандидатов». В ходе этого процесса используются различные методы как на этапе выбора макромолекулы-«мишени», играющей ключевую роль в протекании заболевания, так и на этапе подбора химического соединения (лиганда), которое должно связываться с молекулой-мишенью, подавляя или усиливая ее биологические функции.

Одним из этапов разработки лекарства является виртуальный скрининг, подразумевающий обработку больших баз данных моделей химических соединений с целью подбора наиболее подходящего для мишени лиганда. Как правило, оценка степени взаимодействия лиганда с мишенью проводится на основе специальных математических моделей и не требует большого количества вычислительных ресурсов. Однако отбор нескольких наиболее подходящих лигандов из нескольких десятков миллионов кандидатов требует привлечения методов и средств высокопроизводительных вычислений. При этом оценка каждого лиганда-кандидата проводится независимо от остальных, что позволяет разбить исходную задачу на миллионы не связанных между собой подзадач.

Виртуальный скрининг

Методы, используемые для подбора лигандов, принято делить на две группы: синтез принципиально новых молекул с желаемыми свойствами и подбор лигандов на основе структурных свойств мишени. Во втором случае исследование требует перебора больших баз данных химических соединений, поэто-

*Работа поддержана грантом РФФИ 13-07-00008 а

му не может быть целиком основано на физических экспериментах. На данном этапе целесообразно провести отбор потенциальных кандидатов при помощи молекулярного докинга – компьютерного моделирования процесса связывания лиганда с мишенью в трехмерном пространстве. Процесс компьютерного отбора лигандов для заданной мишени называется виртуальным скринингом [1]. Его эффективность для получения биологически значимых подмножеств лигандов доказывают успешные результаты целого ряда проектов [2-4].

В качестве входных данных для виртуального скрининга используются пространственные модели молекул белка и лигандов. В процессе молекулярного докинга подбирается взаимное геометрическое расположение молекул, минимизирующее свободную энергию Гиббса для данной молекулярной системы. Затем вычисляется значение так называемой оценочной функции, выражающее силу связывания при выбранном расположении молекул. Процесс повторяется для заданного множества лигандов; для этапа физических экспериментов выбираются те лиганды, для которых была предсказана наилучшая сила связывания.

Существуют базы данных (БД) лигандов, например, ZINC (более 35 миллионов записей), ChemSpider (более 30 миллионов записей), CoCoCo (порядка 7 миллионов записей) [5]. В связи с большим объемом обрабатываемых баз данных и сложностью трехмерных моделей, проведение виртуального скрининга требует значительного количества вычислительных ресурсов. Помимо больших БД структурных моделей белков и лигандов, в открытом доступе также находится апробированное в ходе выполнения крупных проектов открытое программное обеспечение для молекулярного докинга.

Общую продолжительность виртуального скрининга можно проиллюстрировать на примере открытого ПО AutoDock Vina [6]. Расчет энергии связывания 1 миллиона лигандов с минимальной точностью на современном 4х-ядерном персональном компьютере занимает порядка 1800 часов процессорного времени, и время расчетов растет с увеличением требуемой точности. Таким образом, проведение виртуального скрининга по БД ZINC для единственной модели белка на настольном компьютере потребовало бы не менее 8.5 лет.

Проведение виртуального скрининга состоит из нескольких миллионов не связанных между собой подзадач. Эта особенность позволяет использовать не дорогостоящие мощности вычислительных кластеров, а более доступные и масштабируемые средства распределенных вычислений. В частности, ряд научно-исследовательских проектов (наиболее масштабный – Docking@Home) использовали для виртуального скрининга системы Desktop Grid, основанные на принципах добровольных вычислений (volunteer computing).

Desktop Grid – это объединение в качестве единого логического «суперкомпьютера» большого количества неспециализированных вычислителей (офисных рабочих и персональных компьютеров, ноутбуков) относительно невысокой производительности. Основные достоинства технологии при соответствующей реализации – практически неограниченные масштабируемость и, следовательно, пиковая производительность, устойчивость к сбоям, минимальная стоимость создания и сопровождения. Однако такие системы подходят для

решения только тех задач, которые могут быть разбиты на независимые и менее ресурскоемкие подзадачи.

Стандартом де-факто при организации добровольных вычислений является платформа BOINC (Berkeley Open Infrastructure for Network Computing) [7]. BOINC отличается простотой в установке, настройке и администрировании, обладает хорошими возможностями по масштабируемости, обеспечивает простое подключение вычислительных узлов и использование дополнительного ПО, дает возможности интеграции с другими грид-системами и др. Платформа имеет архитектуру «клиент-сервер», при этом клиентская часть может работать на компьютерах с различными аппаратными и программными характеристиками.

Организация и сопровождение широкомасштабного проекта добровольных вычислений (наподобие Docking@Home) требуют большого внимания и сил для взаимодействия с сообществом и обеспечения функционирования проекта. Такой подход может оказаться нецелесообразным, если эксперименты проводятся нерегулярно, с промежутками на обработку результатов. Тогда более выгодной оказывается концепция EDG, где в рамках виртуальной единой вычислительной сети собираются неспециализированные вычислители, принадлежащие одной организации или группе пользователей, напрямую заинтересованных в получении результатов экспериментов.

EDG по сравнению с Desktop Grid, использующимися при проведении добровольных вычислений, имеют ряд преимуществ: вычислительные узлы являются надежными, что снижает уровень репликации и кворума; вычислительным процессом можно управлять централизованно; высокая скорость передачи данных по локальной сети и др. [8]. Возможности BOINC (репликация, кворумы, версионность приложений и разнообразие платформ) позволяют эффективно задействовать вычислительные ресурсы EDG.

Для проведения виртуального скрининга в рамках совместного научно-исследовательского проекта между UKSH и ИПМИ была построена EDG на базе BOINC. В представленной работе проводилось исследование свойств одного из белков в рамках научной работы UKSH. Для виртуального скрининга была задана пространственная модель белка и несколько целевых подмножеств лигандов из базы данных ZINC.

В состав EDG вошли 42 вычислительных узла – настольные ПК сотрудников клиники, ресурсы вычислительного кластера (незадействованные другими задачами), серверы и настольные ПК сотрудников ИПМИ. Такое количество вычислительных узлов обеспечило комфортный анализ поступающих результатов. На первом этапе экспериментов был проведен виртуальный скрининг по 4 293 345 лигандам с использованием ПО AutoDock Vina, было отобрано 17 360 лигандов для дальнейших экспериментов, 41 лекарственное средство рекомендовано для тестирования в лабораторных условиях. Пропускная способность Desktop Grid составила 2762 лиганда в час. Общая продолжительность виртуального скрининга составила 15 недель, суммарное процессорное время расчетов за вычетом избыточных вычислений – 8.5 лет.

Заключение

В работе представлены результаты разработки и апробации системы EDG для проведения виртуального скрининга. Для организации вычислений использована программная платформа BOINC, в качестве вычислительных узлов задействованы компьютеры UKSH и ИПМИ. Подход показал применимость, позволив в краткие сроки организовать вычислительную сеть, и обеспечив исследователей необходимыми результатами моделирования.

На первом этапе виртуального скрининга получен ряд биологически значимых результатов и оценена вычислительная эффективность системы. В дальнейшем планируется продолжение экспериментов на основе данных, полученных из лаборатории университета г. Любек, а также разработка и реализация алгоритмов повышения эффективности EDG в задачах виртуального скрининга.

Литература

1. Walters, W. P. Virtual screening – an overview [Текст] / W. P. Walters, M. T. Stahl, M. A. Murcko // Drug Discovery Today. – 1998. – Vol.3, №4. – P. 160-178.

2. Villoutreix, B. O. Structure-based virtual ligand screening: recent success stories [Текст] / B. O. Villoutreix, R. Eudes, M. A. Miteva // Combinatorial chemistry & high throughput screening. – 2009. – №12(10). – P. 1000-1016.

3. Matter, H. Applications and Success Stories in Virtual Screening [Текст] / H. Matter, C. Sotriffer // Virtual Screening: Principles, Challenges, and Practical Guidelines (ed. C. Sotriffer). – Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Germany, 2011.

4. Breakthrough in the fight against childhood cancer. [Электронный ресурс]. URL: http://www.worldcommunitygrid.org/about_us/viewNewsArticle.do?articleId=342 (дата обращения: 1.05.2014)

5. Moura Barbosa, A. J. Freely accessible databases of commercial compounds for high-throughput virtual screenings [Текст] / A. J. Moura Barbosa, A. Del Rio // Current Topics in Medicinal Chemistry. – 2012. – №12. – P. 866-877.

6. Trott, O. AutoDock Vina: improving the speed and accuracy of docking with a new scoring function, efficient optimization and multithreading [Текст] / O. Trott, A. J. Olson // Journal of Computational Chemistry. – 2010. – №31. – P. 455-461.

7. Anderson, D. P. BOINC: A system for public-resource computing and storage [Текст] / D. P. Anderson // R. Buyya (Editor), Fifth IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing. – 2004. – P. 4-10.

8. Ивашко, Е. Е. Desktop Grid корпоративного уровня [Текст] / Е. Е. Ивашко // Программные системы: теория и приложения. – 2014. – №1(19). – С. 183-190.

А.В. Иващенко, А.А. Минаев

ИНТЕГРАЦИЯ АВТОНОМНЫХ УСТРОЙСТВ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ В МЕДИАТОРНОЙ СЕТИ СВЯЗИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет),
Филиал ФГУП НИИР – СОНИИР)

Автономные системы контроля и диагностики состояния пациентов в настоящее время широко применяются в современной медицине [1 – 5]. В отличие от стационарных 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.

Для решения этой проблемы может быть предложено аппаратно-программного обеспечения для медицинской диагностики с помощью набора автономных диагностических устройств разной специализации, объединенных в распределенную беспроводную сеть. Для обеспечения высокой производительности и надежности такой сети в основу решения предлагается положить архитектуру и технологию медиаторной сети связи.

Решение данной задачи позволит построить индивидуальную конфигурацию группы устройств диагностики (датчиков) для конкретного пациента. Эти датчики, оборудованные средствами беспроводной связи с координатором, будут функционировать в автономном режиме, без ограничения мобильности пациента. Данные, собираемые с этих устройств в режиме реального времени частично обрабатываются на стороне самих автономных устройств, а при возникновении рисков передаваться на сервер для централизованной обработки. В случае необходимости комплексного анализа устройства могут взаимодействовать, обмениваясь сообщениями и согласовывая частоту и точность проведения измерений.

Предлагаемая программно-аппаратная платформа базируется на использовании мультиагентных технологий, перспективы применения которых в медицине отмечаются рядом исследователей [6]. Это позволяет наделить систему сбора и обработки данных интеллектуальным функционалом, который определяет возможность начального медицинского диагностического анализа на уровне данной системы в реальном масштабе времени. Данные преимущества улучшают качество и своевременность медицинской диагностики, от которых во многом зависит успешность лечения пациента. Получение агрегированной информации о состоянии наблюдаемого пациента медицинским персоналом повышает эффективность медицинского лечения путем обеспечения корректности принятых решений, а также их своевременности.

Предлагаемая архитектура медиаторной сети связи для интеграции автономных устройств медицинской диагностики приведена на рис. 1 – 2. Данное решение основано на обеспечении попарного взаимодействия автономных устройств в P2P сети [7].

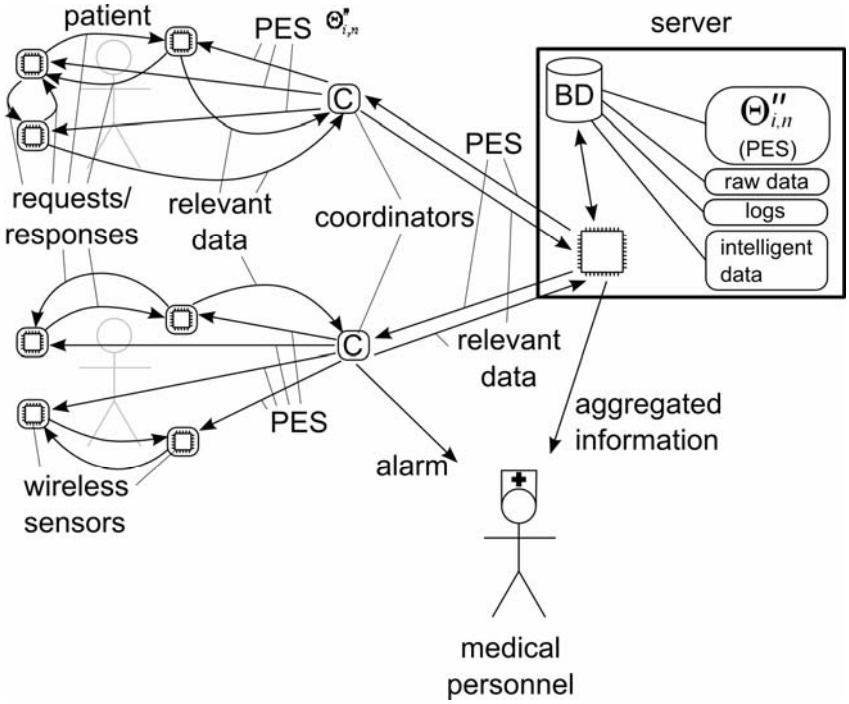


Рис. 2. Логическая архитектура медиаторной сети медицинской диагностики

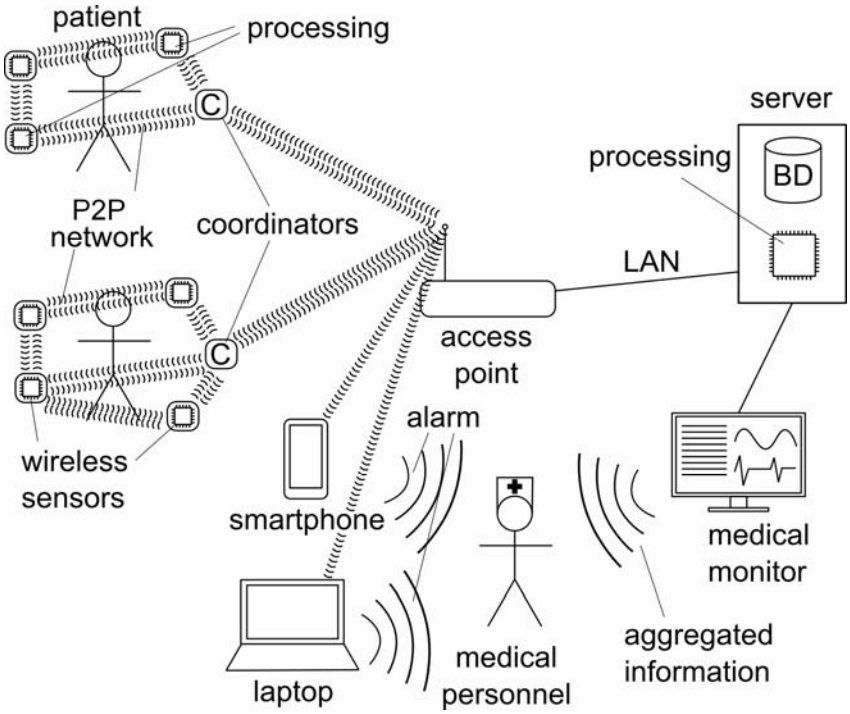


Рис. 1. Физическая архитектура медиаторной сети медицинской диагностики

Для обеспечения сбора и обработки данных на стороне пациента организуется беспроводная сеть датчиков, каждый из которых оборудован средствами беспроводной связи с координатором. Для связи датчиков с координатором предлагается использовать протоколы беспроводной передачи данных ZigBee или Bluetooth. Координатор диагностической сети организует прием потоков диагностической информации и транслирует их в локальную вычислительную сеть посредством протокола Wi-Fi. В локальной сети данные медицинской диагностики принимаются устройствами отображения данных в масштабе реального времени, устройствами тревожного оповещения, а также выделенным сервером.

Данные, собираемые с этих устройств в режиме реального времени будут частично обрабатываться на стороне самих устройств (автономность), а при возникновении рисков передаваться для централизованной обработки. В случае необходимости комплексного анализа устройства могут взаимодействовать, обмениваясь сообщениями и согласовывая частоту и точность проведения измерений.

Преимущества предлагаемого подхода включают гибкость, адаптивность к внешним событиям, возможность функционирования в режиме реального времени и поддержки принятия решений по диагностике пациентов, а также возможность обработки больших данных.

Литература

1. Reynolds H.N., Rogove H., Bander J., McCambridge M., Cowboy E., Niemeier M. Telemedicine and e-Health. 12.2011, 17(10), 2011 – pp. 773 – 783

2. Sahandi R., Noroozi S., Roushanbakhti G., Heaslip V., Liu Y. Wireless technology in the evolution of patient monitoring on general hospital wards. Journal of Medical Engineering and Technology, 34 (1), 2010. – pp. 51 – 63

3. Liu Y., Sahandi R. ZigBee network for remote patient monitoring. IEEE 22nd International Symposium on Information, Communication and Automation Technologies, 29-31 October 2009, Sarajevo, Bosnia & Herzegovina, 2009.- pp. 1-7

4. Shnayder V., Chen B., Lorincz K., Fulford-Jones T.R.F., Welsh M. Sensor networks for medical care. Technical Report TR-08-05, Division of Engineering and Applied Sciences, Harvard University, 2005. URL: http://www.eecs.harvard.edu/~mdw/proj/codeblue

5. Aminian M, Naji HR A hospital healthcare monitoring system using wireless sensor networks. J Health Med Inform 4: 121, 2013. doi:10.4172/2157-7420.1000121

6. Bergenti F., Poggi A. Multi-agent systems for E-health: recent projects and initiatives. 10th International Workshop on Objects and Agents, 2009

7. Ivaschenko A., Lednev A.: Time-based regulation of auctions in P2P outsourcing. Proceedings of the 2013 IEEE/WIC/ACM International Conferences on Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technology (IAT), Atlanta, Georgia, USA, 2013. – pp. 75 – 79

А.В. Колсанов[1], А.К. Назарян[1], С.С. Чаплыгин[1],
С.Н. Ларионова[1], П.Е. Волков[2]

РАЗРАБОТКА РОССИЙСКОГО ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА – СИМУЛЯТОРА УЗИ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ВЫСОКОКВАЛИФИЦИРОВАННЫХ МЕДИЦИНСКИХ КАДРОВ

([1]ГБОУ ВПО Самарский государственный медицинский университет Минздрава России, [2] Компания IT Universe)

Ультразвуковое исследование (далее – УЗИ) - это базисный высокоинформативный, безопасный для пациентов, доступный, гибкий и не требующий специальных условий (экранированная от ионизирующего или магнитного излучения комната) скрининг-метод выявления различной патологии. Данные характеристики делают его наиболее широко распространенным среди аппаратных методов диагностики в мире, неотъемлемой частью ранней диагностики заболевания.

Несмотря на его распространенность, клиническая эффективность данного метода напрямую зависит от обучения и навыков пользователя, определяющих достоверность и информативность диагностирования развивающегося патологического процесса, риск постановки ошибочного предварительного диагноза, проведение ненужных дополнительных и дорогостоящих исследований.

В связи с тем, что во всем мире окончательная интерпретация изображений ультразвука и постановка диагноза - ответственность врачей узких специальностей (гинекологов, нефрологов, гастроэнтерологов, онкологов и др.), ВОЗ рекомендует уделять особое внимание углубленной подготовке указанных врачей методу ультразвуковой диагностики.

Посещение в последние годы специалистами СамГМУ ведущих клиник Германии, Израиля и США – лидеров по качеству оказания медицинских услуг – показывает, что ультразвуковое исследование пациентов, в том числе первичное, как правило, становится исключительной прерогативой дежурных или лечащих врачей узких специальностей, к которым поступает пациент. Данный подход позволяет существенно повысить достоверность и информативность исследования, точность и своевременность постановки диагноза, повысить эффективность применяемого лечения, и, как следствие, сократить время лечения, в том числе время нахождения в стационаре. В настоящее время указанный тренд характерен для многих зарубежных стран и начинает появляться в России.

В связи с этим, наиболее остро встает вопрос об обучении УЗИ не только будущих врачей-диагностов, но и обучении и переподготовке данному методу исследования врачей-специалистов, таких как гинекологи, нефрологи, гастроэнтерологи, онкологи. Актуальным также является распространение обучения базовым практическим навыкам УЗИ на всех студентов медицинских вузов, что

позволит более широко применять возможности, предоставляемые ультразвуковой диагностикой, в практическом здравоохранении.

Практическое обучение и переподготовка медицинских специалистов как в российских медицинских вузах и медицинских центрах, так и в зарубежных, сталкивается с целым рядом системных проблем, в итоге оказывающих сильное негативное влияние на качество обучения:

– Внедрение передовых методик диагностики и лечения, а также инновационного инструментария происходит крайне не оперативно. Это характерно и для повседневной врачебной практики, так для процессов подготовки и переподготовки специалистов.
– По законодательным и этическим ограничениям все менее доступны процессы наработки практических навыков при работе с реальными пациентами, что крайне необходимо для обучения врачей навыкам ультразвуковой диагностики.
– В процессах обучения с настоящими пациентами велика вероятность ошибки, что нарушает права пациентов на качественное оказание медицинской помощи, а также приводит к возникновению стрессов у обучаемых. Это приводит к возникновению дополнительных морально-этических проблем.
– При работе с реальными пациентами недоступна или крайне редка возможность изучения при помощи ультразвуковой диагностики различных патологических отклонений и осложнений, примеры которых могут отсутствовать в процессе обучения, но встречаться в практике после завершения обучения.
– Не всегда существует возможность педагогического контроля степени достижения компетентности и практических навыков, что снижает общий уровень подготовки медицинских специалистов и, в частности, их практическим навыкам использования аппаратов ультразвуковой диагностики.

В мировой практике перечисленные выше и аналогичные проблемы решаются за счет развития и применения симуляционных и визуализационных технологий в медицине, в том числе путем создания и использования специализированных аппаратно-программных комплексов и программного обеспечения, а также использованием фантомов – физических кукол (муляжей), отражающих строение в норме или патологии конкретной части человеческого тела.

На уровне Российской Федерации важность развития и внедрения симуляционных технологии и технологий визуализации в медицине закреплены в Государственной программе Российской Федерации «Развитие здравоохранения» до 2020 года, федеральной целевой программе «Развитие фармацевтической и медицинской промышленности на период до 2020 года и дальнейшую перспективу», иными нормативно-правовыми актами. Начиная с 2012 года обучение на симуляционных аппаратно-программных комплексах (тренажерах) является обязательным при прохождении интернатуры и ординатуры.

Одним из существующих вариантов решения проблем подготовки медицинских специалистов навыкам ультразвуковой диагностики в настоящее время является использование тренажеров УЗИ построенных по следующему прин-

ципу: основу симуляционного стенда составляет реальное медицинское оборудование – аппарат УЗИ, а в качестве ключевого симуляционного элемента используются искусственные манекены (фантомы) тела человека, отражающие его внутреннюю структуру и строение.

Однако, основными недостатками тренажеров иностранного производства являются высокая стоимость самого тренажера, а также его техническое обслуживание, отсутствие развитой дистрибьюторской сети в России, что серьезно усложняет процессы консультационной и технической поддержки оборудования; отсутствие русского языка в интерфейсе системы, как в настоящий момент, так и в планах производителей.

В такой ситуации одним из наиболее эффективных вариантов может стать разработка российского тренажера УЗИ, реализованного на технологии моделирования графического растра изображения УЗИ, использовании современных программных и аппаратных технологий и направленного на решение вышеуказанных проблем и предназначенного для системного обучения врачей ультразвуковой диагностики на этапах додипломного и последипломного образования, при повышении квалификации врачей данной специальности.

Тренажер УЗИ, который разрабатывается в СамГМУ совместно с компанией «IT-Universe» будет лишен вышеуказанных недостатков и по сравнению с существующими решениями будет обладать следующими преимуществами:

– Макет реального медицинского оборудования вкупе с программно-аппаратной частью, симулирующие протекающие в теле человека процессы с помощью средств компьютерного моделирования, существенно дешевле как в стоимости первоначального приобретения, так и в последующем обслуживании, чем настоящее медицинское оборудование и сложные по внутренней структуре манекены тела человека.
– Графическое моделирование протекающих процессов, исследуемых органов позволяет существенно расширить спектр симулируемых ситуаций, редких анатомических отклонений, патологий, смоделировать любые задаваемые отклонения, параметры, свойства того или иного органа в зависимости от введенных начальных параметров, что не всегда возможно при работе с анатомическим манекеном с определенным ограниченным физическим набором имитируемых внутренних органов.
– Как при глобальных, так и при локальных изменениях каких-либо характеристик или отдельных подсистем оборудования, используемого на практике в реальной медицине, перестроить симулятор на основе программной платформы существенно проще и дешевле, нежели симулятор, работающий с реальным оборудованием и сложным дорогостоящим манекеном.
– В отличие от стандартного медицинского оборудования программная часть симуляторов, построенных на основе программно-аппаратной системы, может быть дополнена различным дополнительным функционалом, который может быть востребован исключительно в обучающих процессах. Например, логирование последовательности действий обучаемого, формирование аналитики правильности выполнения того или иного процесса и т.п.

Разработка собственного тренажера УЗИ позволит улучшить качество обучения врачей ультразвуковой диагностики, а также сформировать научно-технический задел для создания симуляторов диагностических аппаратов, в том числе, рентгенологического, компьютерной томографии, ядерно-магнитно-резонансной томографии, а также ультразвукового исследования органов грудной полости, магистральных сосудов, мягких тканей конечностей и т.д., который будет востребован медицинским сообществом и IT-компаниями, заинтересованных в создании собственных глобально конкурентоспособных решений для одного из самых перспективных и быстрорастущих мировых рынков высокотехнологичной продукции.

Литература

1. Котельников Г.П., Колсанов А.В., Яремин Б.И., Чаплыгин С.С., Юнусов Р.Р., Дмитриев А.Ю. Опыт развития виртуальных образовательных технологий в Самарском государственном медицинском университете / Виртуальные технологии в медицине №2 (10), 2013, с.10-15

2. Колсанов А.В., Назарян А.К., Яремин Б.И., Мурушиди М.Ю., Хайкин М.Б. Современные подходы к изучению анатомии сосудов с помощью 3D-моделирования / Управление качеством медицинской помощи №2, 2013, с. 15-20

3. Колсанов А.В., Чаплыгин С.С., Бардовский И.А., Батраков М.В., Скрябин А.Е. Опыт разработки симуляционного тренажера эндоскопической хирургии / Виртуальные технологии в медицине №2 (10), 2013, с.34

4. Кузьмин А.В., Милюткин М.Г., Черепанов А.С., Иващенко А.В., Колсанов А.В., Юнусов Р.Р. Алгоритмы определения видимости объектов сцены при симуляционном обучении базовым навыкам лапароскопии / Известия высших учебных заведений. Поволжский регион №3(27), 2013, с.41-51

5. Kolsanov A.V., Ivaschenko A.V., Kuzmin A.V., Cherepanov A.S. Virtual surgeon system for simulation in surgical training / Biomedical Engenering. Vol.47, №6, March, 2014, pp.285-287.

6. Аппаратно-программный комплекс «Виртуальный хирург» для 3D моделирования операционного процесса и учебно-методических модулей для системного обучения врача-хирурга методикам открытой хирургии с небольшим размером операционного поля, методикам эндоваскулярной хирургии и эндоскопической хирургии на этапах додипломного и последипломного образования, – Котельников Г.П., Колсанов А.В., Яремин Б.И. и др.; под редакцией Г.П. Котельникова, А.В. Колсанова / Издательство СНЦ РАН, Самара: 2013, ISBN 978-5-906605-06-1 - 260с.

А.В. Кузьмин

КОМПЛЕКСНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СЕРДЦА

(ФГБОУ ВПО Пензенский государственный университет)

Человеческое сердце представляет собой сложный объект, рассмотрением которого занимаются с различных сторон занимаются различные науки. И даже один и тот же аспект работы сердца может рассматриваться различными науками:

- механический аспект работы сердца изучается механикой (или вернее биомеханикой), медициной и физиологией;
- сокращения сердца могут рассматриваться как механический, электрический или химический процесс;
- строение сердца как сложного геометрического объекта изучается анатомией, геометрическим моделированием;
- работа сердца управляется сложным образом, и сама система его управления изучается физиологией, медициной, теорией управления.

Попытки построить модели сердца, а, вернее, модели отдельных подсистем или аспектов сердечной активности предпринимаются достаточно давно. И все они преследуются различные цели. Если анатомический атлас или наглядный макет должны дать изучающему понятие о его геометрических характеристиках, взаимном расположении анатомических частей в процессе базового изучения анатомии человека, то, например, модель электрической активности сердца (ECGSim [1]) знакомит его с особенностями распределения электрических потенциалов по поверхности сердца во время кардиоцикла.

Изучение электрических явлений, происходящих в сердце, обладает особой практической значимостью на протяжении последней сотни лет, начиная с изобретения электрокардиографии, так как на сегодняшний день это наиболее распространенный и доступный способ диагностики сердца, применяемый повсеместно во всем мире. В связи с этим важным становится установление закономерностей и системных взаимосвязей, отражающих влияние различных факторов на регистрируемый электрокардиосигнал (ЭКС). Ведь перед врачами стоит задача определить как работает сердце и какие там происходят (или даже могут произойти в ближайшее время) патологические изменения, имея в качестве исходной информации только ЭКС. Для решений такой задачи необходимо изучить электрофизиологию сердца, ее связь с сократительной активностью и биомеханическими параметрами [2], выделять признаки различных отклонений и, наконец, иметь клинический опыт.

Автором предлагается объединить существующие знания и математические модели в единую комплексную модель, объединяющую в единое целое геометрические параметры сердца, его электрическую, сократительную и насосную активность, а также различные контуры управления сердцем. При этом выходными данными такого моделирования

являются сгенерированные ЭКС в соответствие с принятой международной системой отведений ЭКГ-12 (т.е. сигналы, полученные путем решения прямой задачи электрокардиографии с учетом всех моделируемых параметров)

Основой для построения такой комплексной модели является тесная взаимосвязь и взаимозависимость различных подсистем, которая, при этом, не учитывается, если моделировать, даже корректно с точки зрения математики, отдельно взятую подсистему. Так, например, существующие модели электрической активности рассматривают сердце в качестве электрического генератора, при этом геометрическая форма сердца в таких моделях большого значения не имеет, и часто такой генератор может быть точечным или иметь форму шара [3, 4], в то время как весь миокард является электрически активным, причем регистрируются ЭКС не напрямую на сердце а через неоднородную структуру человеческого тела, что также вносит определенные искажения [5]. Казалось бы, решением проблемы может быть использование поверхностной полигональной модели сердца (как в ECGSim), однако в этом случае учитывается только электрическая активность поверхности сердца, а для адекватного моделирования электрической активности по всей толщине миокарда требуется объемная модель (например, воксельная) [6]. Но и в этом случае результаты будут спорными, так как используемые модели статические, а в процессе сокращения геометрические параметры модели изменяются, соответственно, изменяются важные для моделирования электрической активности параметры [7]. Кроме того, важнейшим аспектом работы сердца, определяющим его физиологическую функцию по перекачиванию крови, является насосная активность. С точки зрения гемодинамики данная функция оценивается параметрами систолического и диастолического объемов желудочков. Разность этих объемов определяет объем перекачанной крови за одно сокращение. При этом надо понимать, что сокращение – это тоже электрический процесс, определяющий электрическую активность сердца. Физические параметры тканей миокарда и крови, такие как вязкость, определяют механические напряжения, возникающие в стенках и клапанах сердца во время сокращений. Наконец частота сокращений определяется импульсами и может регулироваться в зависимости от внешних и внутренних факторов, т.е. налицо многоконтурное управление. На данном примере можно проследить важность комплексного моделирования сердечной активности и недостаточность моделирования его отдельных подсистем и функций. При этом важно понимать, что сложность созданной модели не должна быть запредельной, а сама модель не должна включать излишние аспекты, чтобы не стать трудной для понимания, интерпретации, настройки и самого процесса моделирования. Таким образом, предлагается на данном этапе ограничить комплексную модель включением в нее вышеперечисленных подсистем. Такой набор подсистем и функций позволит достаточно полни представить взаимосвязь различных параметров, а также их прямое и опосредованное влияние на результирующий ЭКС.

Предлагаемая комплексная модель позволяет:

– изучать влияние индивидуальных параметров на результирующие ЭКС;
– проводить вычислительные эксперименты, моделируя различные поражения, патологии, а также различные режимы работы сердца;
– получать новые знания о системных взаимосвязях различных параметров и подсистем сердца, не ограничиваясь каким-то одним аспектом сердечной активности.
– имитировать работу сердца в различных медицинских приложениях, например, учебных системах [8] и хирургических тренажерах [9].
– строить на ее основе неинвазивное скрининговое и мониторинговое оборудование нового поколения.

Естественно, такая модель может приносить пользу только в случае точной настройки всех параметров и согласования работы различных подсистем. Это достигается использованием математически корректных постановок задач моделирования и методов решения, а также значительным количеством разнообразного фактографического медицинского материала, который позволяет оптимизировать параметры различных подсистем, а также проверить адекватность построенной модели.

Литература

1. ECGSim Introduction. [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://www.ecgsim.org/introduction.php/, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. англ.

2. Волобуев А.Н. Курс медицинской и биологической физики: Для студентов, аспирантов и врачей. - М., 2002. - 432 с.

3. Титомир Л.И., Кнеппо П. Математическое моделирование биоэлектрического генератора сердца. – М.: Наука. Физматлит, 1999. – 448 с.

4. Баум, О.В. Моделирование электрической активности сердца. – Биофизика сложных систем и радиационных нарушений (под ред. Г.М. Франка), М.: Наука 1977, 119-129

5. Крамм М.Н., Стрелков Н. О., Сушок М. В. Погрешности реконструкции параметров токового диполя сердца для неоднородной модели торса человека в виде кругового цилиндра. // Журнал радиоэлектроники. – 2012. – № 12. – [Электронный ресурс]. – URL http://jre.cplire.ru/mac/dec12/13/text.html

6. Кузьмин, А. В. Представление и визуализация объемных объектов / А.В. Кузьмин, О.Н. Бодин // Полет. – 2008. - № 3. - С. 49-55

7. Митрохина, Н.Ю. Анализ электрической активности сердца с использованием геометрических параметров / Н.Ю. Митрохина, А.В. Кузьмин, Е.В. Петрунина // Медицинская техника. - 2013. – № 6. – С. 38–41.

8. Кузьмин, А. В. Разработка визуальной модели сердца для обучения студентов-медиков / А.В. Кузьмин, О.Н. Бодин, А.Н. Митрошин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2007. – № 2. – С. 3–10.

9. Колсанов, А.В. Комплекс «Виртуальный хирург» для симуляционного обучения хирургии / А.В. Колсанов, А.В. Иващенко, А.В. Кузьмин, А.С. Черепанов // Медицинская техника. - 2013. – № 6. – С. 7–10.

Р.А. Парингер, А.В. Куприянов

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЕНДРИТНЫХ КРИСТАЛЛОГРАММ

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

Анализ изображений медицинских кристаллограмм – это важная часть медицинской диагностики. Медицинские кристаллограммы – это структуры, образованные при кристаллизации солей вследствие высушивания биологической жидкости (слеза, кровь, слюна и т.д.). Автоматизация обработки изображений кристаллограмм позволит повысить качество диагностики и сократит затраты времени на её проведение. Использование разной аппаратуры и техник получения изображений кристаллограмм приводит к тому, что изображения кристаллограмм могут существенно различаться по масштабу. Так при расчёте признаков для одной и той же кристаллограммы, снятой при различных разрешениях результаты диагностики могут оказаться различными. Поэтому, чтобы повысить общее качество диагностики предлагается сначала оценить масштаб съёмки изображения кристаллограммы. В рамках данной работы было проведено исследование качества классификации изображений дендритных кристаллограмм по масштабу. В работе используются алгоритмы расчёта геометрических признаков и факторов форм пространственного спектра. Алгоритм дискриминантного анализа использовался для определения признаков, эффективных при классификации изображений кристаллограмм по масштабу и для формирования более эффективных признаков.

Геометрические признаки. Модель дендрита представлена на рисунке 1. A, B, C, D – «вершины» дендритных отростков, E, F, G – «корни» дендритных отростков, EF, FG – расстояния между отростками, AE, BE, CF, DG – отростки дендритов.

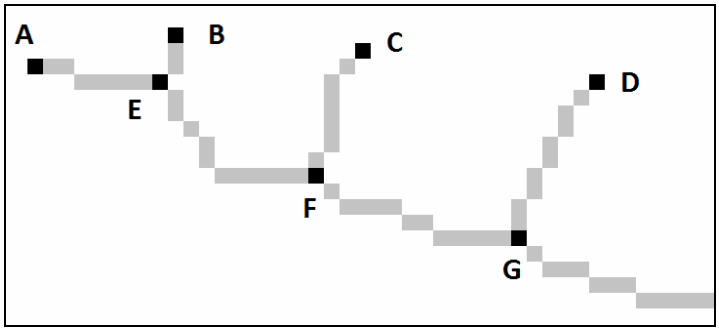


Рис. 1. Модель дендрита

Алгоритм состоит из следующей последовательности действий: пороговая обработка, медианная фильтрация, скелетизация, определение ключевых элементов, построение «карты дендритов», расчёт геометрических признаков [1-4*].

Коэффициент роста C_g: отношение суммы длин всех отростков к сумме расстояний между отростками. Для рисунка 1.1: $C_g = \frac{AE+BE+CF+DG}{EF+FG}$.

Средний угол C_a: отношение суммы углов всех отростков к общему числу отростков. Для рисунка 1.1 угол отростка CF равен углу CFE в треугольнике CFE.

Коэффициент симметрии C_s:отношение количества «вершин» дендритных отростков к количеству «корней» дендритных отростков. Для рисунка 1 $C_s = \frac{4}{3}$.

Факторы форм. Общий алгоритм можно представить следующей последовательностью действий: расчёт спектра изображения, пороговая обработка, преобразование области в замкнутую область, выделение контура объекта, подсчет факторов форм [5].

Фактор «Blair-Biss» F_b вычисляется по формуле:

$$F_b = \frac{S}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot \sum_{i=0}^{N-1} R_i^{\,2}}} - 1, \qquad (2.1)$$

где S – площадь фигуры;

N – количество точек фигуры;

R_i – расстояние от -ой точки до центра фигуры.

Фактор «Малиновской» F_m вычисляется по формуле:

$$F_m = \frac{P}{2\sqrt{\pi \cdot S}} - 1, \qquad (2.2)$$

где P – периметр фигуры;

S – площадь фигуры.

Фактор «Харалика» F_h вычисляется по формуле:

$$F_h = \frac{\delta}{\mu}, \qquad (2.3)$$

где δ – среднеквадратичное отклонение контурных точек от центра масс;

μ – среднее расстояние контурных точек от центра масс.

Признак «Компактность» F_c вычисляется по формуле:

$$F_c = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=0}^{N-1}(R_i - R_k)^2}, \qquad (2.4)$$

где N – количество точек фигуры;

R_i – расстояние от центра масс до i -ой точки фигуры;

R_k – среднее расстояние всех точек фигуры от центра масс.

Площадь равно числу пикселей на изображении замкнутой области спектра, периметр равен числу пикселей контура замкнутой области спектра.

Дискриминантный анализ. При анализе признаков по критерию эффективности классификации особый интерес представляют методы дискриминантного анализа, включающий методы интерпретации межгрупповых различий, при использовании которых появляется возможность получить следующую информацию:

1) оценку информативности признаков для разделения объектов на классы;

2) оценку разделимости на классы при использовании некоторого набора признаков;

3) параметры оптимального разделения объектов на классы.

В дискриминантном анализе – критерий разделимости классов формируется с использованием матриц рассеяния внутри классов и матриц рассеяния между классами [6].

Классификация выполнялась методом опорных векторов. Для обучения классификатора были использованы изображения формата jpg с разрешением 256 на 256 пикселов, состоящие из 256 полутоновых оттенков. Всего было обработано 468 изображений кристаллограмм, принадлежащих двум различным классам. По 234 изображения каждого класса.

К первому классу относятся изображения дендритных кристаллограмм, полученные при увеличении в 100 раз, пример представлен на рисунке 2*а*. Ко второму классу относятся изображения дендритных кристаллограмм, полученные при увеличении в 200 раз, пример представлен на рисунке 2*б*.

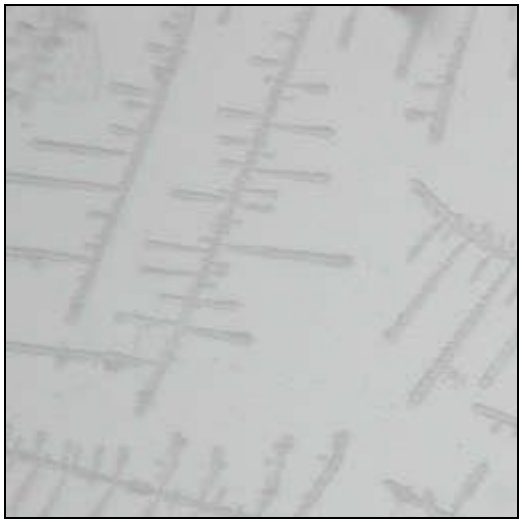
а) б) 

Рисунок 2 – Изображение дендритных кристаллограмм, а) при увеличение в 100 раз, б) при увеличении в 200 раз.

Критерием качества классификации определим ошибку классификации, показывающую, в скольких случаях классификатор принял неправильные решения, по формуле:

$$\varepsilon = \frac{k}{n} \cdot 100\%,$$

где k – количество ошибок классификации;

n – общее количество изображений.

Наименьшее значение ошибки классификации, полученное без использования алгоритма дискриминантного анализа, было достигнуто при использовании всех семи признаков и составило 37%.

Алгоритм дискриминантного анализа применялся ко всем комбинациям признаков. Наивысшее значение критерия разделимости было получено при использовании всех семи признаков. Из них был сформирован один новый признак. Ошибка классификации при использовании нового сформированного признака составила 14%.

С одной стороны, полученные результаты указывают на возможность применения всех описанных признаков при классификации разномасштабных изображений кристаллограмм, с другой стороны нельзя сказать, что значение ошибки классификации равное 14% является приемлемым. Можно сделать вывод о том, что для классификации подобного рода необходимо использование дополнительных признаков.

Литература

1. Парингер Р.А., Куприянов А.В. Разработка методов оценивания геометрических параметров дендритных кристаллограмм // «XI Королёвские чтения», 2011. – С. 300.

2. Парингер Р.А., Куприянов А.В. Methods For Estimating Geometric Parameters of The Dendrite's Crystallogramms // Proceedings of 8th Open German-Russian Workshop "Pattern Recognition and Image Understanding" OGRW-8-11, 2011. – 226-229 pp.

3. Парингер Р.А., Куприянов А.В. Метод оценивания геометрических параметров дендритных кристаллограмм, основанный на алгоритме скелетизации // «КОСМОС – 2012», 2012. – № 3. – С. 207-209.

4. Парингер Р.А. Выделение и анализ дендритов на изображениях диагностических кристаллограмм биологических жидкостей // «Биомедсистемы-2012», 2012. – С. 105-108.

5. Ильясова Н.Ю., Куприянов А.В., Храмов А.Г. Информационные технологии анализа изображений в задачах медицинской диагностики. – М.: Радио и связь, 2012. – 424 с.

6. Фукунага, К. Введение в статистическую теорию распознавания образов / К. Фукунага. – М.: Наука, 1979. – 270 с.

Е.С. Петрова, Ю.М. Кроливецкая

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ГОМЕОСТАТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ *

(Ульяновский государственный университет)

Введение

В настоящее время в медицине принято считать температуру тела одним из показателей состояния здоровья пациента. Первые исследования в этой области относятся к XIX столетию и принадлежат Becquerel, Breschet, а также Wunderlich [1]. Уже в то время исследователи стали отмечать циклический характер температурных флуктуаций на поверхности тела человека в зависимости от времени суток. Так в своей работе [2] Wunderlich утверждает, что наибольшее значение температуры тела достигается после полудня, в периоде между 16 и 21 часами, а наименьшее – утром, между 4 и 8 часами.

В наши дни широко распространены электронные приборы для термометрии человека, с помощью которых можно собрать значительный объем данных (за счет частых измерений) и производить мониторинг и анализ динамики температуры. Однако, несмотря на развитие информационных технологий, существует ряд случайных факторов и помех, влияющих на данные и искажающих их. К ним можно отнести температуру окружающей среды, плотность прилегания прибора к телу человека и т.д. На практике постоянный мониторинг температуры тела имеет большое значение, например при работе астронавтов в открытом космосе, для определения первых признаков дисбаланса. Особенно это важно в случае возникновения каких-либо нарушений в системе жизнеобеспечения или при внештатных ситуациях, контрмеры по преодолению которых должны применяться оперативно в крайне ограниченный временной период [4].

Стохастическое моделирование температурных гомеостатических процессов [5], учитывающее вышеприведенные случайные помехи окружающей среды, позволяет улучшить обнаружение и диагностику критического состояния пациента.

В данной статье рассматривается построение адекватных моделей флуктуаций температуры тела человека с целью идентификации и обнаружения аномалий, приводящих к негативным последствиям.

Постановка задачи

Рассмотрим усреднённый график суточного колебания температуры поверхности тела человека (рис. 1) [1]. На основании этого графика будем считать, что среднее значение $\overline{\theta}_t$ (математическое ожидание) отклонения температуры тела θ_t от среднесуточного уровня $\theta^* \approx 36{,}4\,°\mathrm{C}$, полученное осреднением

* *Работа выполняется при поддержке гранта РФФИ № 13-01-97035.*

по всему множеству здоровых взрослых людей, ведёт себя как периодическая функция времени $\bar{\theta}_t$ вида $\bar{\theta}_t = A\sin(\omega_n t + \varphi)$ с $\omega_n \overset{\Delta}{=} 2\pi / T_n$, $T_n = 24$ час.

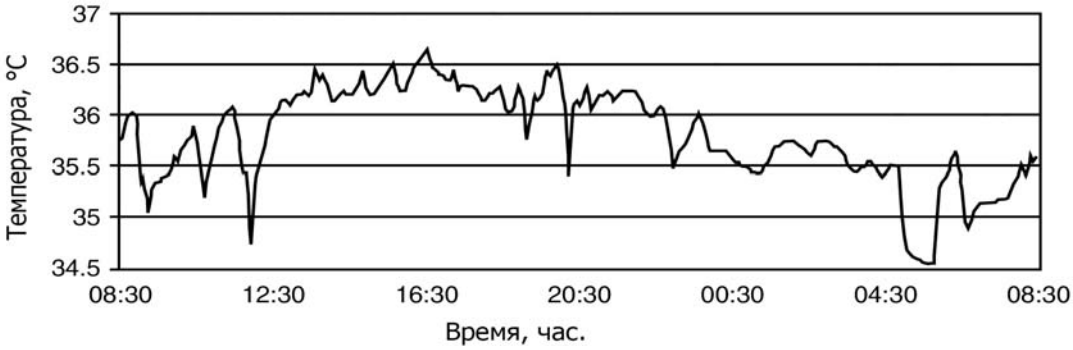


Рис. 1. Суточные колебания температуры тела человека

Для компьютерного моделирования будем рассматривать дискретную стандартную наблюдаемую модель теплового гомеостаза человека третьего порядка, построение которой детализировано в [5]:

$$\begin{bmatrix} x_1^* \\ x_2^* \\ x_3^* \end{bmatrix}_{t+1} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -a_3 & -a_2 & -a_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1^* \\ x_2^* \\ x_3^* \end{bmatrix}_t + (1-d)\begin{bmatrix} 1 \\ d \\ d^2 \end{bmatrix} u_t + \sigma\sqrt{1-d^2}\begin{bmatrix} 1 \\ d \\ d^2 \end{bmatrix} \overset{\circ}{w}_{dt},$$

$$y_t^* = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} x_t^* + v_t, \qquad \begin{bmatrix} x_1^* \\ x_2^* \\ x_3^* \end{bmatrix}_0 = \begin{bmatrix} 0 \\ s \\ g \end{bmatrix}, \tag{1}$$

где

$$-a_3 = d, \qquad -a_2 = \frac{s + d^3 g - d^2 h}{dg - s(1+d^2)} = -(1+2cd), \qquad -a_1 = \frac{dh - g - d^3 s}{dg - s(1+d^2)} = 2c + d,$$

$$c \overset{\Delta}{=} \cos\omega_n\tau, \quad g \overset{\Delta}{=} \sin 2\omega_n\tau, \quad s \overset{\Delta}{=} \sin\omega_n\tau, \quad d \overset{\Delta}{=} e^{-\lambda\tau}, \quad h \overset{\Delta}{=} \sin 3\omega_n\tau.$$

Здесь переменная состояния x_1 определяет среднее значение отклонения температуры тела θ_t от среднесуточного уровня θ^* в момент времени t; x_2 – среднюю скорость изменения температуры тела в момент времени t, $x_3 \overset{\Delta}{=} \tilde{\theta}_t$ – случайный процесс.

Рассмотрим случай, когда смещение θ^* известно. Известное смещение θ^* вводится как внешнее воздействие: $u_t \overset{\Delta}{=} \theta^*$. Параметры λ и σ - неизвестные и подлежат идентификации.

Для решения задачи идентификации параметров применим метод вспомогательного функционала качества (ВФК), который заключается в построении среднеквадратичного показателя $J_{ВФК} = \frac{1}{2} E\left\{ \|\varepsilon_t\|^2 \right\}$.

Строим ВФК (1) по методике, описанной в [6], получим:

$$\varepsilon_t = J(Z_t^{t+s-1}) - \widetilde{x}_t, \qquad (2)$$

где s – максимальный индекс наблюдаемости, оценка предсказания $\widetilde{x}_t$ получена от адаптивного фильтра. Специальное матричное преобразование $J(.)$ находится, согласно [6], следующим образом:

$$J(Z_t^{t+s-1}) = [z_t^{(1)} \mid z_{t+1}^{(1)} \mid \ldots \mid z_{t+p_1-1}^{(1)} \mid z_t^{(2)} \mid \ldots \mid z_{t+p_m-1}^{(m)}]^T, \qquad (3)$$

где $z_t^{(j)}$ - j-я компонента вектора z_i; p_j – частные индексы наблюдаемости [7], $j = 1,\ldots,m$. На практике в качестве оценки ВФК вычисляется выборочное среднее по доступным измерениям Z_t^N : $\widetilde{J}_{ВФК} = \frac{1}{2N}\sum_{t=1}^{n} \varepsilon_t^T \varepsilon_t$.

В качестве алгоритма оценивания рассматривается стандартная реализация фильтра Калмана.

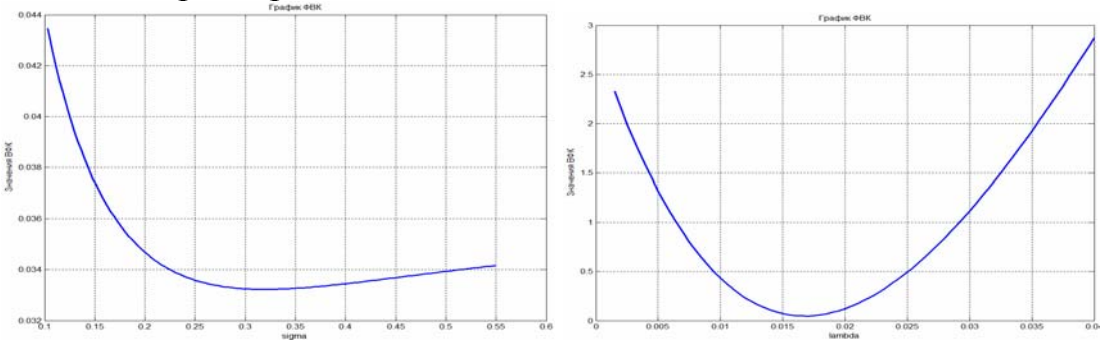
Результаты вычислений

Вычислительных эксперименты производились с помощью пакетов символьных вычислений Maple® и Matlab®. Табл. 1 содержит список используемых при моделировании значений параметров модели.

Таблица 1. Параметры модели

Период снятия измерений (в мин.)	$\tau = 60$
Погрешность измерений температуры (в °C)	$\sigma = 0.3$
Период времени (в минутах)	T = 60
Независимая неизвестная λ	λ = 1/T
Время корреляции шума	$\omega_n = 2\pi/T_n$, $T_n=24*60$
Начальное значение для 4D-ДСНМ	$x_0 = \theta_0 + [0; \sin(\omega_n\tau); \sin(2\omega_n\tau); 4\sin(\omega_n\tau)\cos^2(\omega_n\tau)-\sin(\omega_n\tau)]$
Начальное значение для 3D-ДСНМ	$x_0 = [0; 0.655\sin(\omega_n\tau); 0.655\sin(2\omega_n\tau)]$
Дисперсия шума в измерениях	R = 0.05
Среднесуточный уровень колебания температуры	$\theta^* = 36.4$

На рис. 2 представлены графики ВФК по параметрам, подлежащим идентификации. Из графиков видно, что минимум ВФК достигается в точке истинного значения параметров.



а) б)

Рис. 2. Значения вспомогательного функционала качества для параметров λ и σ

Графики суточного колебания температуры (рис. 3), построенные на основе стандартной наблюдаемой модели (1), и демонстрируют справедливость и актуальность предложенного алгоритма вычисления вспомогательного функционала качества для решения задачи идентификации.

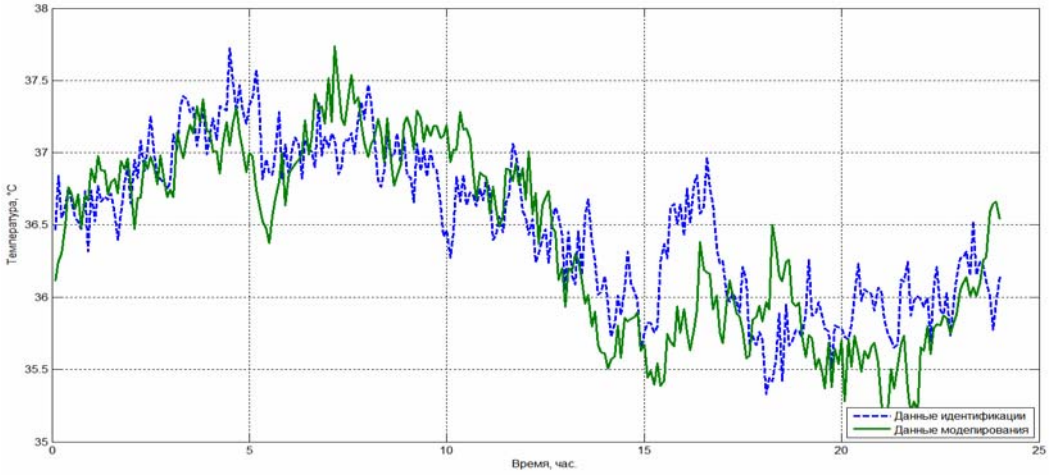


Рис. 3. Графики суточных колебаний температуры тела человека

Заключение

Построенные модели теплового гомеостаза человека являются упрощенными, однако их линейность относительно переменных состояния даёт возможность применять аппарат и средства теории оптимальной фильтрации с дискретными линейными моделями систем, что существенно расширяет область приложения разработанных моделей.

Литература

1. Адаптивные системы фильтрации, управления и обнаружения / под ред. проф. И.В.Семушина. – Ульяновск: УлГУ, 2011. – 298 с.

2. Kelly G. Body Temperature Variability (Part 1): A Review of the History of Body Temperature and its Variability Due to Site Selection, Biological Rhythms, Fitness, and Aging / Greg Kelly // Alternative Medicine Review. – 2006. – Vol.11(4).- P. 278 – 293.

3. Wunderlich KRA The course of temperature in disease : a guide to clinical thermometry / KRA Wunderlich // Am J Med Sci. – 1869. – Vol. 57. – P. 425-447.

4. Информативность температурных параметров различных зон тела человека для коррекции его теплового дисбаланса при выходе в открытое космическое пространство / А.Л. Максимов [и др.] // Физиология человека. – 2005. – № 6. – С. 78-86.

5. Liao D. Generalized principles of stochasticity can be used to control dynamic heterogeneity / David Liao, Luis Estevez-Salmeron, Thea D. Tlsty // Physical Biology. – 2012. – Vol. 9(6). – 12 p.

6. Semushin I.V. Adaptation in Stochastic Dynamic Systems—Survey and New Results II / I.V. Semushin // International Journal of Communications, Network and System Science. – 2011. – Vol. 4, No. 4. – P. 266-285.

7. Maybeck P.S. Stochastic models, estimation and control. Volume 1. / P.S. Maybeck. - N.Y. : Academic press, 1978. – 423 p.

Я.В. Соловьева, Д.И. Краснов

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА "СТАЦИОНАР"

(ООО "Открытый код", г. Самара)

В настоящее время основная тенденция в области здравоохранения - широкое применение современных информационных технологий и создание медицинских информационных систем, позволяющих накапливать и эффективно использовать объективную информацию в процессе лечения пациентов, осуществлять обмен информацией о пациенте на основе персональной медицинской карты.

АС «Стационар» - комплексное решение для автоматизации деятельности всех подразделений учреждения, способного интегрировать данные, получаемые с уже имеющихся программных продуктов.

Основной целью внедрения АС «Стационар» является автоматизация всех процессов информационного обмена и обработки данных по принципу «единого окна» в режиме реального времени.

Система предоставляет автоматизацию полного цикла работ подразделений стационара, начиная от госпитализации пациента и заканчивая его выпиской.

В системе предусмотрено разграничение прав доступа пользователей (имеется 10 ролей пользователей: врача приемного отделения, врача профильного отделения, медицинской сестры приемного отделения, постовой (палатной) медицинской сестры отделения, старшей медицинской сестры отделения, врача функциональной диагностики, лаборанта, статистика, экономиста, администратора) таким образом, что пользователь, пройдя авторизацию в системе путем ввода своих персональных данных – логина и пароля, сразу попадает в необходимое АРМ, которое выбирается системой, исходя из специальности и должности пользователя [1].

Пользователь видит лишь необходимые ему сведения о пациентах, при этом всегда имеет возможность изменить/просмотреть созданные им электронные документы, а также просмотреть документы, созданные коллегами для принятия верного решения о тактике лечения пациента.

Механизм работы системы представляет собой следующую последовательность действий: в момент поступления пациента в приемное отделение система осуществляет поиск персональных сведений о нем в базе ТФОМС, после чего оператор заносит необходимые сведения о случае заболевания пациента в специальное окно. После этого система на основе введенных данных автоматически формирует пакет сопроводительных документов на пациента с возможностью их последующей печати (согласие на медицинское вмешательство, согласие на информационное вмешательство, титульный лист медицинской карты (истории болезни), титульный лист статистической карты выбывшего из стационара и многие другие).

После того, как сформирован пакет документов, пациент проходит предварительный осмотр в доврачебном кабинете, медицинская сестра заносит первичные сведения о его состоянии, а также его антропометрические данные в систему, после чего автоматически формируется температурный лист с учетом всех занесенных сведений [2].

При экстренной госпитализации пациента осматривает врач приемного отделения, формируя при этом в системе электронный документ доврачебного осмотра, и направляет пациента на госпитализацию в профильное отделение. При этом врач профильного отделения, авторизовавшись в системе, уже видит все данные о пациенте (и его движении), занесенные его коллегами в приемном покое и доврачебном кабинете. Таким образом, врачу не нужно ждать, пока ему принесут медицинскую карту пациента, он имеет возможность оперативно получить информацию.

Также врач профильного отделения, куда был направлен пациент, видит палатную структуру своего отделения и сведения о занятых/свободных койках. Он определяет пациента в палату, заполняет в системе данные о режиме госпитализации, диете пациента, назначает ему медикаменты, лабораторные и инструментальные обследования и манипуляции, направляет на консультацию "узких" специалистов. Также врач заполняет в соответствии со специальным шаблоном, реализованном в системе, историю болезни пациента, а также дневниковую запись, обоснование диагноза, протокол врачебной комиссии и другие необходимые документы. В среднем эта процедура занимает у врача профильного отделения 7 минут, что является хорошим показателем по сравнению с временем, затраченным при рукописном оформлении истории.

После занесения необходимых сведений врачом медицинские сестры отделения имеют возможность просмотреть все назначения и направления на конкретного пациента, сделанные врачом. Система предоставляет возможность отображения информации для медицинских сестер по различным срезам, начиная от назначений пациентам в конкретной палате по конкретному профилю обследования, заканчивая детализацией назначений определенному пациенту. Медицинские сестры делают отметку в системе о проведенных манипуляциях с указанием даты и времени, что указывает на выполнение ими назначений врача. Таким образом, реализован контроль и обратная связь между медицинскими сестрами и врачами.

Также стоит отметить, что во время процедуры заполнения листа назначения врач видит все медикаменты, которые имеются на остатках отделения. Помимо этого старшая медсестра также обладает данной возможностью, она списывает в своем АРМ использованные отделением медикаменты и формирует заявку в аптеку на необходимые. Также она имеет возможность просматривать список медикаментов, которые есть на остатках всего учреждения. Таким образом, реализовано взаимодействие между аптечными складами и отделениями учреждения.

При направлении пациента на консультацию "узкого" специалиста или обследование в отделениях инструментальной диагностики (КТ, МРТ, УЗИ,

ЭКГ и т.д.), врачи данных отделений видят в своих АРМ направления и, с помощью реализованных в системе шаблонов, заполняют протоколы консультаций и протоколы заключений исследований, которые, в свою очередь, в тот же момент могут посмотреть врачи профильных отделений.

В процессе госпитализации пациентов врач заполняет этапные и выписные эпикризы. В системе они формируются автоматически на основании всех данных о пациенте, полученных в процессе нахождения в стационаре: паспортные данные пациента, данные из истории болезни, из протоколов консультаций специалистов, протоколов заключений проведенных исследований, лекарственные назначения, результаты анализов, сделанных лабораторией, - автоматически выгружаются в эпикризы, что значительно снижает временные затраты и минимизирует количество ошибок.

После формирования выписного эпикриза медицинская карта пациента частично отображается в АРМ статистика, а именно видна часть - статистическая карта. Также медицинский статистик видит всех выписанных пациентов учреждения, а также все сведения о них, занесенные в систему в процессе лечения. Система производит проверку на правильность заполнения статистической карты выбывшего из стационара. При проверке уделяется особое внимание на правильность заполнения статистической карты, а именно на:

1. корректность заполнения персональных данных;
2. объем заполненных данных в приемном отделении;
3. корректность заполнения диагноза при поступлении в соответствии с МКБ-10;
4. результат госпитализации;
5. совпадение проведенных хирургических операций с диагнозом при выписке.

При нахождении ошибки в процессе контроля в пункте 1 системой производится обращение к базе застрахованного населения самарской области ТФОМС. При обнаружении ошибок в пунктах с 2 по 5 производится возврат всей карты госпитализируемого больного обратно в профильное отделение, где проводилось лечение пациента.

После проверки системой статистической карты выбывшего из стационара медицинский статистик производит проверку карты на корректность для выставления счетов-реестров, прохождение форматно-логического контроля. При неудачном прохождении контроля карта возвращается к медицинским статистикам для корректировки данных в карте, как правило, ошибки происходят при занесении персональных сведений.

Удачное прохождение позволяет отправить счет-реестр на экспертизу в страховую медицинскую организацию, где принимается решение о правильности принятого решения на основании сформированной статистической карты выбывшего из стационара [3]. При нахождении ошибки страховой медицинской организацией производится возврат счета-реестра и производится корректировка статистической карты выбывшего из стационара медицинским статистиком.

В таблице 1 предоставлены некоторые результаты, показывающие эффективность внедрения системы.

Таблица 1. Сравнительный анализ времени, затраченного специалистами учреждения на ведение медицинской деятельности до и после внедрения системы

№ п/п	Наименование работ	До внедрения	После внедрения
1	Время, затрачиваемое на оформление пациентов в приемном отделении	20-30 минут	8 минут
2	Время, затрачиваемое на оформление пациента в профильном отделении	1-2 часа	7-15 минут
3	Формирование этапных эпикризов	2 – 3 часа	15-20 минут
4	Формирование выписных эпикризов	2 – 3 часа	15-20 минут
5	Архив предыдущих историй болезни	Запрос не имеет сроков	менее 3 минут
6	Результаты анализов, консультаций и т.д.	В течение суток	менее 3 минут

Таким образом, система осуществляет полный цикл обработки данных для нужд медицинских учреждений, органов управления здравоохранением, страховых медицинских организаций, ТФОМС.

Результаты внедрения АС "Стационар":

- достижение максимально возможной оперативности отчетных данных (режим реального времени);
- поддержка принятия медицинских решений на основе единой электронной медицинской карты;
- качественное повышение достоверности отчетных данных за счет централизованной обработки первичной информации;
- охват всех аспектов медицинской деятельности и максимальный отказ от дублирования ввода данных в медицинских учреждениях в других информационных системах;
- исключение затрат на обеспечение процессов сбора информации с медицинских учреждений;
- уменьшение трудозатрат на обеспечение процессов обработки информации на всех уровнях на 80%;

– уменьшение трудозатрат на обеспечение технической поддержки работы системы на 95%;
– возможность оказания услуг населению в электронном виде;
– уменьшение затрат на обеспечение защиты персональных данных за счет централизации хранения на 70%.

Литература

1. Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 52636-2006 «Электронная история болезни. Общие положения», утвержден приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27.12.2006 №407-ст.
2. Приказ министерства здравоохранения РФ от 04.10.80 г. № 1030
3. «Регламент информационного взаимодействия в системе обязательного медицинского страхования на территории Самарской области».
4. URL: http://samtfoms.ru/pages/187/

А.М.Титоренко, О.П.Солдатова, И.В.Моисеева

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ВРАЧЕЙ-РЕПРОДУКТОЛОГОВ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

В современных условиях оказание услуг пациентам медицинских учреждений осуществляется при непрерывном развитии информационных технологий, оснащении медицинских учреждений новыми приборами и устройствами.

Интенсификация работы медицинского персонала и внедрение современных медицинских технических устройств приводит к увеличению объема информации, который должен обрабатывать медицинский работник. Это свидетельствует в пользу необходимости применения специальных программных систем для решения самых разных задач в медицинских учреждениях, в том числе и интеллектуальных систем принятия решений, связанных с управлением медицинским учреждением, идентификацией состояния пациентов и лечением.

В начале проведения цикла экстракорпорального оплодотворения (ЭКО) врач принимает решение, по какому протоколу будет проходить лечение. От этого выбора зависит длительность лечения, подбор препаратов и основной ход процедуры. Выбор протокола затруднён из-за большого количества характеристик состояния пациентов, поэтому использование интеллектуальной системы для решения задачи классификации пациентов по протоколам решения представляется обоснованным. В настоящее время получили широкое распространение нейросетевые классификаторы.

Для обучения нейронной сети была использована база данных пациентов ГБУЗ СО «Центр клеточных технологий» (ЦКТ). В данной клинике для лечения пациентов методами ЭКО применяется 3 протокола лечения.

Для реализации интеллектуальной системы используются такие модели нейронных сетей как многослойный персептрон и RBF-сеть (на основе радиально-базисных функций).

Многослойный персептрон – одна из наиболее распространённых нейросетевых моделей, способная эффективно решать задачи классификации, к типу которых и относится описанная выше проблема. Многослойный персептрон состоит как минимум из одного скрытого слоя нейронов и выходного слоя. Размер выходного слоя определяется числом классов для распознавания (в данной задаче число классов равно трём), число нейронов в скрытых слоях подбирается для каждой задачи индивидуально при проведении экспериментальных исследований [1].

Для обучения сети использовались прямая (Incremential) и пакетная (BatchProp) версии градиентного алгоритма наискорейшего спуска с моментом. В алгоритме Incremential коррекция весовых коэффициентов происходит после прохождения каждого вектора значений. В BatchProp же коррекция происходит после прохождения всей эпохи целиком. Также для обучения нейронной сети были реализованы два эвристических алгоритма: RProp и QuickProp. Rprop использует знаки частных производных для подстройки весовых коэффициентов.

Были исследованы зависимости СКО (среднеквадратического отклонения) от настроек сетей и обучения. Далее приведены результаты для сети типа многослойный персептрон.

Зависимость СКО результатов обучения сети от коэффициента обучения при следующих параметрах обучения: тестовая выборка – 80 индексов; число итераций обучения 500; коэффициент момента $\alpha = 0{,}2$; входной слой – 28 нейронов (28 параметров, выбранных в качестве главных показателей успешности проведения цикла), скрытый слой – 10, выходной – 3 (протоколы лечения) [3].

Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость ошибки от коэффициента обучения

Коэффициент обучения	СКО
0,8	0,000000441
0,6	0,000045
0,4	0,00000552
0,2	0,0000412
0,1	0,000038

Дальнейшие исследования проведены при следующих параметрах топологии сети и алгоритма обучения: тестовая выборка – 80 индексов; число итераций обучения 500; коэффициент обучения =0,8; входной слой – 28 нейронов, скрытый слой – 10, выходной – 3.

Результаты исследований зависимости СКО от вида алгоритма, использующегося при обучении, представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость СКО от выбранного алгоритма обучения нейронной сети

Алгоритм	СКО
Incremential	0,00007203
BatchProp	0,00001917
RProp	0,000337
QuickProp	0,000383

Результаты исследований зависимости СКО тестирования сети от числа скрытых нейронов представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Зависимость СКО от числа нейронов в скрытом слое

Число нейронов	СКО
5	0,001508
7	0,000136
9	0,0000821
11	0,000034
12	0,0003406
13	0,0001003
15	0,0001025

Результаты исследований зависимости СКО тестирования сети от вида функции активации нейронов скрытого слоя представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Зависимость ошибки от функции активации

Функция	СКО
Сигмоидальная	0,00001218
Линейная	0,07089
Гаусса	0,002918
Эллиота	0,00000032
sin	0,000649
cos	0,0012187

Далее приведены результаты для исследования сети RBF.

Зависимость СКО результатов обучения сети от коэффициента обучения при следующих параметрах обучения: тестовая выборка - 80 индексов; число итераций обучения 500; коэффициент момента $\alpha = 0,2$; входной слой – 28 нейронов, скрытый слой - 10, выходной – 3.

Результаты исследований представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Зависимость ошибки от коэффициента обучения

Коэффициент обучения	СКО
0,8	0,000061
0,6	0,0000004
0,4	0,000034
0,2	0,000013
0,1	0,000973

Результаты исследований зависимости СКО от вида алгоритма, использующегося при обучении, представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Зависимость СКО от выбранного алгоритма обучения нейронной сети

Алгоритм	СКО
Incremential	0,0009345
BatchProp	0,0007596
RProp	0,0002391
QuickProp	0,0001506

Результаты исследований зависимости СКО тестирования сети от числа скрытых нейронов представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Зависимость СКО от числа нейронов в скрытом слое

Число нейронов	СКО
5	0,00262
7	0,00058
9	0,00009
11	0,0004
13	0,00089
15	0,00047

В результате проведённых исследований найдены наилучшие структуры нейронных сетей для задачи классификации пациентов. Сети на основе многослойного персептрона лучше, чем на основе радиально-базисных функций решают задачу классификации пациентов по протоколам лечения.

Литература

1. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации [Текст] /С. Осовский, пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344с.

2. Солдатова О.П. Применение многослойного персептрона для решения задачи классификации пациентов при лечении методами ЭКО [Текст] /О.П.Солдатова, А. М. Котова, И.В.Моисеева. – http://window.edu.ru/resource/337/78337/files/PIT_2012.pdf

А.Ю. Тычков, А.В. Кузьмин, А.С. Кубрак, А.А. Спиридонов

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА РЕГИСТРАЦИИ ЭНЦЕФАЛОГРАФИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В LABVIEW

(ФГБОУ ВПО Пензенский государственный университет)

Электроэнцефалографией называется метод регистрации биопотенциалов головного мозга, позволяющий оценивать его функциональное состояние, наличие поражений и расстройств, и др. патологических отклонений в работе головного мозга. Известно пять основных ритмов, различаемых в энцефалографическом сигнале, каждый из которых характеризуется определенными качественными и количественными характеристиками [1].

В норме у взрослого человека регистрируются спонтанные колебания двух типов: альфа- и бета-ритм. Альфа-ритм – это колебания с частотой от 8 до 12 Гц в секунду, амплитудой от 20 до 60 мВ. Альфа-ритм лучше всего выражен в задних отделах головного мозга (затылочных, заднетеменных, задневисочных). При воздействии различных раздражителей, особенно света, альфа-ритм исчезает (депрессия альфа-ритма). При ритмической световой стимуляции у здоровых людей часто наблюдается феномен «усвоения ритма»- перестройка частоты колебаний фоновой электроэнцефалограммы в зависимости от частоты предъявляемых световых мельканий.[1]

Бета-ритм – это колебания с частотой 15-30 Гц, амплитудой в 2-4 раза ниже чем у альфа-ритма и преобладается в передних отделах головного мозга. При различных патологических состояниях электроэнцефалограмма меняется по частоте, амплитуде, форме и др. параметрам.

Различают также частые колебания: гамма-ритм с частотой более 30 Гц и медленные колебания: дельта волны (1-3 колебания в секунду) и тэта-волны (4-7 колебаний в секунду). Изменение амплитуды биопотенциалов выражается в резком снижении, вплоть до появления так называемой плоской кривой, которая может превышать норму в несколько раз.

В энцефалогафических сигналах также присутствуют биологические артефакты, обусловленные движениями глаз, сердцебиением, мышечной активностью и т.д.

Известно ряд методов, алгоритмов и устройств подавления помех в энцефалографических сигналах, в том числе адаптивная фильтрация, анализ главных компонентов и слепое разделение сигнала [1].

Для изучения свойств энцефалографических сигналов, особенностей их обработки, а также для реализации собственного устройства регистрации

биопотенциалов головного мозга предлагается построить виртуальный прибор в LabView (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) [2]. LabView, компании National Instruments, представляет собой среду прикладного графического программирования, используемую в качестве стандартного инструмента для проведения измерений, анализа их данных и последующего управления приборами и исследуемыми объектами.

Реализация устройства регистрации биопотенциалов головного мозга в среде LabView основана на схемотехническом принципе реализации любого измерительного устройства, так как он должен состоять из блоков ввода, ввода информации, преобразования и фильтрации сигналов.

Авторы разработали виртуальное устройство, позволяющее регистрировать биопотенциалы головного мозга, фильтровать их и передавать на различные носители данных. Разработанный прибор в среде LabView приведен на рисунке 1, его лицевая панель приведена на рисунке 2.

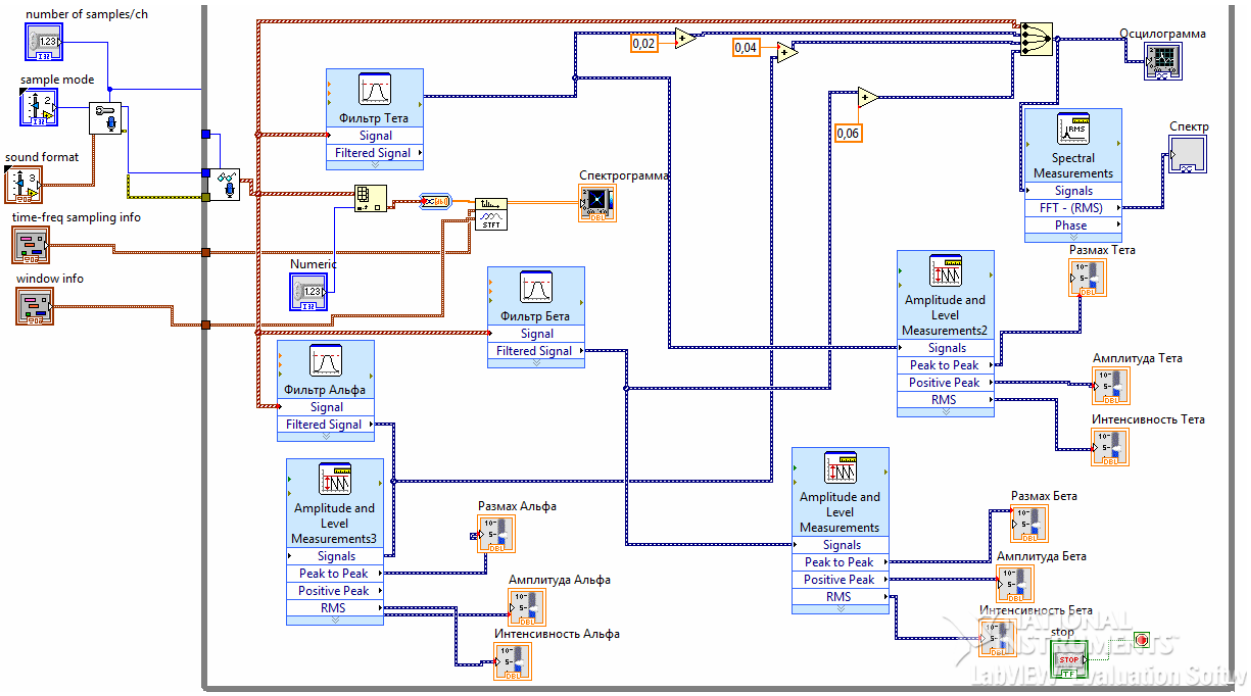


Рис. 1. Устройство регистрации биопотенциалов головного мозга

Разработанное устройство позволяет зарегистрировать энцефалографический сигнал, вывести его амплитудно-временную зависимость, спектрограмму сигнала, построить его частотно-временную характеристику, отобразить на осциллограмме спектры альфа, бета и тета-ритмы, дельта, гамма-ритмов.

Таким образом, реализованное устройство может быть использовано в системе подготовки специалистов по медико-технического профиля и в качестве базы для практических работ студентов.

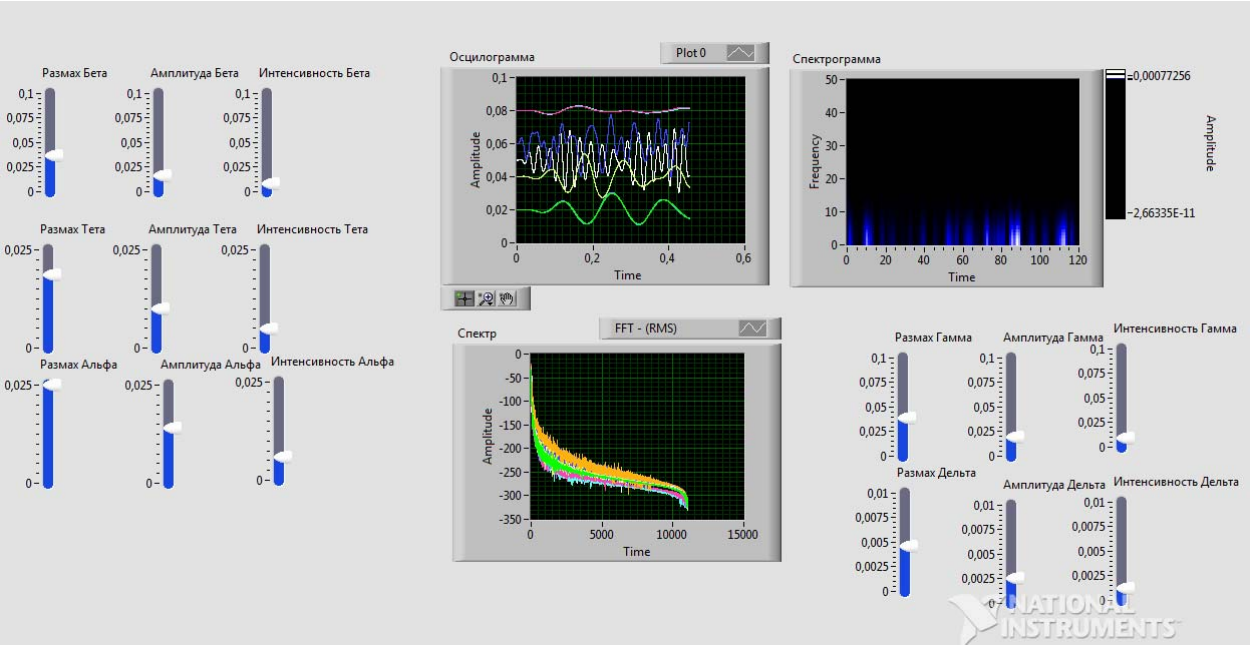


Рис. 2. Лицевая панель ВП

Разработка виртуального устройства осуществлялась при поддержке регионального центра технологий «National Instruments» кафедры «Радиотехника и радиоэлектронные системы» Пензенского государственного университета. На базе данной кафедры с использованием современного оборудования и технологий, разработанное устройство может быть реализовано в виде многофункциональной и высокопроизводительной контрольно-измерительной системы с использованием модульной платформы PXI (PCI eXtensions for Instrumentation bus). Создание системы на базе PXI, позволит получать конкурентное преимущество, обеспечивая функциональную гибкость и масштабируемость решениям и минимизируя время разработки за счет создания приложений встроенном в LabWindows/CVI графическом интерфейсе среды LabVIEW с широким набором специализированных библиотек, готовых функций и драйверов для каждого субприбора.

Литература

1. Шагас Ч. Вызванные потенциалы мозга в норме и патологии. 2 т., М.: Мир, 1995, 1030 с.

2. Дж.Трэвис Дж.Кринг LabView в биомедицине. – М.: Наш дом, 2009 г., 629 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Л.С. Адрова, П.Н. Полежаев

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫМИ СЕТЯМИ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕТЕЙ

(Оренбургский государственный университет)

Существующие сетевые технологии для корпоративных сетей обладают целым рядом недостатков. Сетевые протоколы, такие как Fiber Channel, Infiniband, а также традиционный Ethernet, имеют ограниченные возможности по управлению трафиком. Усовершенствованные варианты протокола Ethernet – Converged Enhanced Ethernet и Cisco Data Center Ethernet включают расширения по управлению потоками на основе приоритетов, разделению пропускной способности, управлению перегрузками и логическим состоянием полос передачи данных, по обеспечению передачи без потерь, а также по одновременному использованию нескольких параллельных путей передачи данных между узлами. Основные недостатки данных решений – сложная децентрализованная схема управления потоками данных, основанная на множестве закрытых протоколов, отсутствие гибкости внесения изменений и значительная стоимость сетевого оборудования.

Отсутствуют эффективные средства обеспечения QoS. В связи с ростом объемов мультимедийного, голосового (IP-телефония) и видео-трафика (видеоконференцсвязь) актуально обеспечение необходимых параметров качества обслуживания (максимальной гарантированной задержки, минимальной гарантированной пропускной способности, джиттера или процента потери пакетов) для соответствующих потоков данных. В настоящее время отсутствуют готовые решения по автоматической настройке параметров QoS, администраторы задают их вручную на каждом сетевом устройстве.

Для корпоративных сетей характерна сложность управления. В наши дни используется более 600 протоколов, каждый из которых имеет конкретное назначение. При выявлении проблемы к стеку протоколов TCP/IP разработчиками просто добавляется новый протокол, который ее решает. Это приводит к возрастанию сложности управления корпоративной сетью, отсутствию интеграции между протоколами, а также к увеличению стоимости сетевых устройств, которые должны иметь достаточные вычислительные мощности, чтобы поддерживать весь спектр необходимых протоколов.

Другой проблемой является необходимость наличия в компании штата высококвалифицированных специалистов, способных разбираться во всех нюансах функционирования отдельных протоколов и уметь настраивать их работу в различных сетевых устройствах. В случае если сферой работы компании являются компьютерные сети (провайдеры услуг доступа к сети Интернет, хостинг-провайдеры, провайдеры облачных услуг и т.п.), то нередко возникает необходимость в разработке собственных протоколов или сетевых сервисов, решающих критичную для компании задачу по управлению траффиком, настройке параметров качества обслуживания, обеспечению масштабируемости или безопасности сети. В этом случае компании понадобятся еще более квалифицированные специалисты, разбирающиеся в вопросах программирования для сетевых устройств различных производителей.

Закрытость программных платформ сетевых устройств – еще одна проблема корпоративных сетей. Сетевые устройства большинства производителей имеют проприетарное программное обеспечение, для него отсутствуют SDK.Это делает невыполнимой задачу по программированию для подобных платформ.

Также для корпоративных сетей характерная высокая стоимость существующего сетевого оборудования, необходимость оплачивать труд целого штата высококвалифицированных сотрудников, занимающихся их администрированием.

Данное исследование направлено на разработку эффективных алгоритмов управления корпоративными сетями на основе технологии программно-конфигурируемых сетей (ПКС) [1, 2].

В основе подхода ПКС лежит возможность динамически управлять пересылкой данных в сети с помощью открытого протокола OpenFlow. Все сетевые коммутаторы, поддерживающие OpenFlow, объединяются под управлением контроллера OpenFlow, который обеспечивает приложениям доступ к управлению сетью.

Каждый коммутатор OpenFlow имеет таблицу потоков, содержащую правила обработки пакетов. Каждое правило включает две части – признаки заголовков пакетов и набор действий. При поступлении в коммутатор нового пакета, происходит сопоставление его заголовков с признаками правил в таблице. В случае совпадения выполняются все действия из соответствующего набора. Если подходящее правило в таблице отсутствует, то пакет передается контроллеру OpenFlow. Контроллер принимает решение о дальнейших действиях над пакетом, которое реализуется в виде команды передачи пакета на определенный порт коммутатора и/или в установке для пакета нового правила в таблицу данного и, возможно, других коммутаторов.

Признаки заголовков позволяют управлять пакетами на уровнях L1–L3 модели OSI. В число возможных действий над пакетом входит его передача на заданный порт, на все порты, удаление, изменение его заголовка и т.п.

Технология ПКС позволяет устранить все вышеупомянутые недостатки традиционных корпоративных сетей:

1. В основе ПКС лежит централизованная схема управления, при которой контроллер, обладающий максимально полной информацией о текущем состоянии сети, принимает решения по управлению потоками данных, включая их маршрутизацию, балансировку и устранение перегрузок. Открытый API контроллера OpenFlow позволяет разрабатывать любые собственные решения по управлению корпоративной сетью.

2. На основе ПКС могут быть реализованы эффективные средства обеспечения параметров QoS для потоков данных, основанные на распределении потоков данных по альтернативным путям передачи или на управлении очередями пакетов на портах коммутаторов OpenFlow. При этом за счет наличие предустановленных правил классификации потоков данных на контроллере OpenFlow настройка параметров QoS может проводиться в автоматическом режиме.

3. При использовании ПКС значительно упрощается управление сетью, отпадает необходимость в отдельных протоколах маршрутизации, распределения нагрузки, обеспечения QoS и др., либо данные протоколы могут быть реализованы на основе технологии ПКС. Контроллер OpenFlow выступает интегрирующим звеном для реализации различных протоколов. Функции управления потоками данных выносятся из коммутаторов OpenFlow на контроллер, это приводит к упрощению программной и аппаратной составляющей коммутаторов OpenFlow, что положительным образом сказывается на их стоимости.

4. API, предоставляемый существующими контроллерами OpenFlow для разработки сетевых приложений, доступен для освоения обычными прикладными программистами, разбирающимися в сетевых технологиях. При этом программы для контроллера пишутся с применением высокоуровневых языков программирования, таких как C++, Java, Ruby, Python. С использованием ПКС может быть разработана система управления корпоративной сетью компании, решающая в автоматическом или полуавтоматическом режиме большинство задач по администрированию. В случае, если компания использует готовую (купленную или бесплатную открытую) систему управления, то, по сравнению с традиционными корпоративными сетями, при администрировании ПКС необходим меньший штат сотрудников с меньшей квалификаций, что приводит к экономии на оплате трудовых часов.

5. Последние тенденции на рынке сетевых технологий показывают, что производители сетевого оборудования активно внедряют поддержку OpenFlow в собственные коммутаторы. При этом им нет необходимости раскрывать собственные проприетарные программные платформы, достаточно просто реализовать поддержку стандарта открытого протокола OpenFlow в качестве дополнительного сервиса наравне с существующими. Также уже начинают появляться коммутаторы, ориентированные на поддержку только одного протокола OpenFlow.

В рамках настоящего исследования ПКС используются для решения следующих задач:

1. Сбор информации о топологии сети и сетевой статистики. Создан алгоритм, который с помощью ПКС и протокола LLDP отслеживает появление в сети новых коммутаторов, хостов, сетевых связей, а также их отключение. ПКС и протокол SNMP также позволяют собирать детальную информацию о текущем состоянии сети (состояние очередей на портах коммутатора OpenFlow, текущую задержку, пропускную способность сетевых связей, количество переданных/полученных байт на порту и др.). Вся данная информация объединяется и хранится на контроллере OpenFlow в его базе данных. Это обеспечивает наличие у контроллера актуальной информации о топологии вычислительной системы и текущем состоянии ее сети.

2. Маршрутизация и обеспечение QoS. Разработан алгоритм, решающий задачи по классификации потоков данных, выбору и обеспечению для них параметров QoS одновременно с определением путей для передачи. При выборе путей алгоритм руководствуется топологией и текущем состоянием сети, необходимостью сбалансировать нагрузку на сетевое оборудование, а также гарантировать для потоков данных значения параметров максимальной задержки или минимальной пропускной способности.

Предложенные алгоритмы является основными алгоритмами управления корпоративной сетью с использованием технологии ПКС. Они будут реализованы в качестве отдельных модулей для прототипа системы управления корпоративной сетью, который планируется создать на базе одного из существующих контроллеров OpenFlow с открытой лицензией. Дополнительно будет создан модуль взаимодействия с пользователями, реализующий Web-интерфейс прототипа системы управления.

Созданный прототип системы управления корпоративной сетью, основанный на распределенном контроллере OpenFlow, его алгоритмы управления планируется исследовать с помощью экспериментального образца корпоративной ПКС, который имеется у Оренбургского государственного университета и включает в себя несколько территориально разделенных сегментов.

Важнейшим достоинством предлагаемых решений по использованию ПКС для управления корпоративной сетью является их тесная интеграция, подчиненная единым целям обеспечения эффективности – производительности, сбалансированности, QoS, безопасности и масштабируемости.

Исследования выполнены при поддержке РФФИ (проекты №13-07-97046 и №14-07-97034).

Литература

1. McKeown N., Anderson T., Balakrishnan H., Parulkar G., Peterson L., Rexford J., Shenker S., Turner J.; Openflow: enabling innovation in campus networks // ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 2008, vol. 38, p. 69-74.

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.

Ю.С. Артамонов

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОСТУПНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ В КЛАСТЕРНЫХ СИСТЕМАХ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Введение. В настоящее время используется множество платформ для научных вычислений. В одном проекте может быть задействовано несколько различных окружений. Нехватка вычислительных ресурсов приводит к необходимости использования пакетных систем или же простых очередей заданий. Если в наличии есть разные по производительности и загруженности вычислительные ресурсы, то требуется оптимально выбрать окружение для расчётов. Критерием выступает отметка времени окончания вычислений.

При использовании суперкомпьютерной техники с пакетными системами пользователю требуется знать, когда его задание будет запущено. Если вычислительная задача исполняется в интерактивном режиме и выдаёт данные по мере вычислений, то ставится задача об оптимизации времени старта и завершения при условии, что вычислительных ресурсов достаточно для работы программы. Это может быть необходимо для последующего анализа выходных данных внешними по отношению к окружению инструментами.

Для решения этих задач требуются данные о загруженности вычислительных ресурсов и о профиле их использования. При прогнозировании следует принять во внимание как большой массив исторических данных по исполнению задач, так и тренд загрузки ресурсов. Значимыми могут являться и исторические данные, и тренд, также возможна ситуация когда влияние одного из факторов может быть ничтожно.

Выделим 3 задачи прогнозирования доступных вычислительных ресурсов:

1. Прогноз момента запуска вычислительной задачи.
2. Прогноз завершения вычислений задачи.
3. Прогноз доступных вычислительных ресурсов окружения.

Отдельно рассмотрим ограничения на общий объём вычислительных ресурсов.

1. Фиксированный объём вычислительных ресурсов.
2. Динамически изменяемый объём вычислительных ресурсов.

Случай с фиксированным объёмом вычислительных мощностей характерен для суперкомпьютерной техники, а примером случая с динамически изменяемыми вычислительными мощностями могут являться Desktop Grid системы.

Отдельно стоит сказать, что отказы оборудования не стоит рассматривать как ситуацию с динамически изменяемым объёмом ресурсов, поскольку известен верхний предел доступных мощностей. Случай с динамически изменяемым объёмом доступных ресурсов нельзя привести к случаю с фиксированными, поскольку изменения предела доступных мощностей носят случайных характер с неизвестным законом распределения.

Модель для прогнозирования. В работе будем рассматривать только случай с фиксированным объёмом вычислительных ресурсов, это позволит оценить работу методов прогнозирования на меньшем количестве входных данных, и данный случай более специфичен для работы с пакетными системами и суперкомпьютерной техникой. При этом отмена задач не допускается. Введём обозначения.

Ресурс - некоторый физический или логический ресурс системы, требуемый для запуска вычислительной задачи. Имеет набор численных параметров.

Параметр - некоторый значимый для вычислительных задач показатель ресурса.

Окружение - вычислительная система, включающая в себя ресурсы.

Ограничение - минимальные значения параметров ресурса, требуемые для запуска задачи.

Требование - набор ограничений, которым должны удовлетворять ресурсы окружения.

Следует отметить, что детали реализации пакетной системы, системы управления кластером или другого ПО не влияют на прогнозирование доступных ресурсов. Это позволяет строить алгоритм прогноза на данных универсальным образом, чтобы он был применим как для кластерных систем, так и для Desktop Grid.

Основные подходы прогнозирования доступных вычислительных ресурсов. К подходам прогнозирования доступных вычислительных ресурсов относятся:

– статистические модели;
– нейронные сети;
– распознавание периодических событий.

Для прогнозирования доступных вычислительных ресурсов подходят методы прогнозирования временных рядов и методы детектирования периодических событий (автокорреляционные функции, ряды Фурье, тригонометрическая интерполяция методом наименьших квадратов [1]). При этом проблемы возникают с шумом апериодической природы – простои, отказы, снижение активности (например, в праздничные дни). Такие случаи плохо поддаются автоматическому анализу и требуются алгоритмы, которые могут игнорировать выбросы. Помимо шума сложность представляет поиск отрезков периодов с размытыми границами. Например, недельная активность на суперкомпьютере затухает по-разному в зависимости от набора задач в очереди.

Основные подходы прогнозирования времени запуска задач. Основными подходами прогнозирования времени запуска задач являются:

- вероятностные модели (QBETS [2]);
- параметрические модели (логнормальное распределение [3]);
- статистические модели (Статистический метод Дауни [4]);
- распознавание быстрых запусков (PQStar [5]);
- сравнение с задачами в истории [6];
- обучение по образцу (IBL [7]);
- прогнозирование по политике планировщика [8].

Все представленные подходы имеют свои достоинства и недостатки. Вероятностные модели позволяют получить прогноз с некоторой степенью уверенности, учитывая эффекты конкретного планировщика, но они дают при этом крайне консервативные результаты, завышая возможное время ожидания задачи в очереди.

Параметрические модели показали себя хуже QBETS, но в некоторых случаях они показывают сравнимый прогноз [5].

Статистический метод Дауни моделирует распределение времени выполнения при помощи логарифмической функции, при этом плохо учитываются выбросы (отказы) и периодические эффекты (простои для обслуживания).

Распознавание быстрых запусков может быть применено, если наблюдается тенденция к разделению времени ожидания задач в очереди на кластеры: до 1 часа, от 1 часа до 10 часов, более 10 часов. В таком случае можно извлечь пользу из информации о том, что задача будет ожидать в очереди менее часа. Недостаток распознавания быстрых запусков в малой информации, которую оно предоставляет.

Сравнение с задачами в истории не является самостоятельным методом, но часто используется в составе других (QBETS, PQStar), проблемы этого метода характерны для всех остальных. Основной недостаток в том, что метод не учитывает (или учитывает грубо) изменение конфигурации кластера и политики планирования. Например, в течение месяца была недоступна часть узлов кластера. В истории зафиксированы задачи, запускавшиеся в это время, их время ожидания будет учитываться при прогнозировании времени ожидания новых задач, хотя конфигурация кластера была изменена. Такие методы отдельно рассматривают задачу определения точек – границ актуальности истории.

Метод обучения по образцу также ищет подобные задачи в истории, при этом учитывает для каждой задачи помимо её параметров параметры всего окружения. В таком случае не требуется выявления границ актуальности истории, но возникает противоположная проблема – медленное накопление релевантной истории.

Прогнозирование по политике планировщика учитывает алгоритмы планирования и настройки планировщика. Метод не является универсальным и его сложно реализовывать, поскольку реализация может требовать существенных изменений даже при простом изменении параметров планировщика.

Результаты мониторинга задач на суперкомпьютере «Сергей Королёв». В рамках веб-сервиса Templet [9] мы собрали статистику исполнения задач на суперкомпьютере «Сергей Королёв» с ноября 2013 года по май 2014 года. Проанализировав профиль загрузки кластера (отрезок для узлов группы узлов tmp, qdr представлен на рис.1), мы можем сделать вывод о периодической природе загрузки. Как видно из профиля, загрузка снижается в выходные и праздничные дни и нарастает вновь в рабочие. Отрицательная ось графика показывает объём неработоспособных (отключенных) ресурсов. На оси абсцисс выделены жирными отрезками выходные дни.

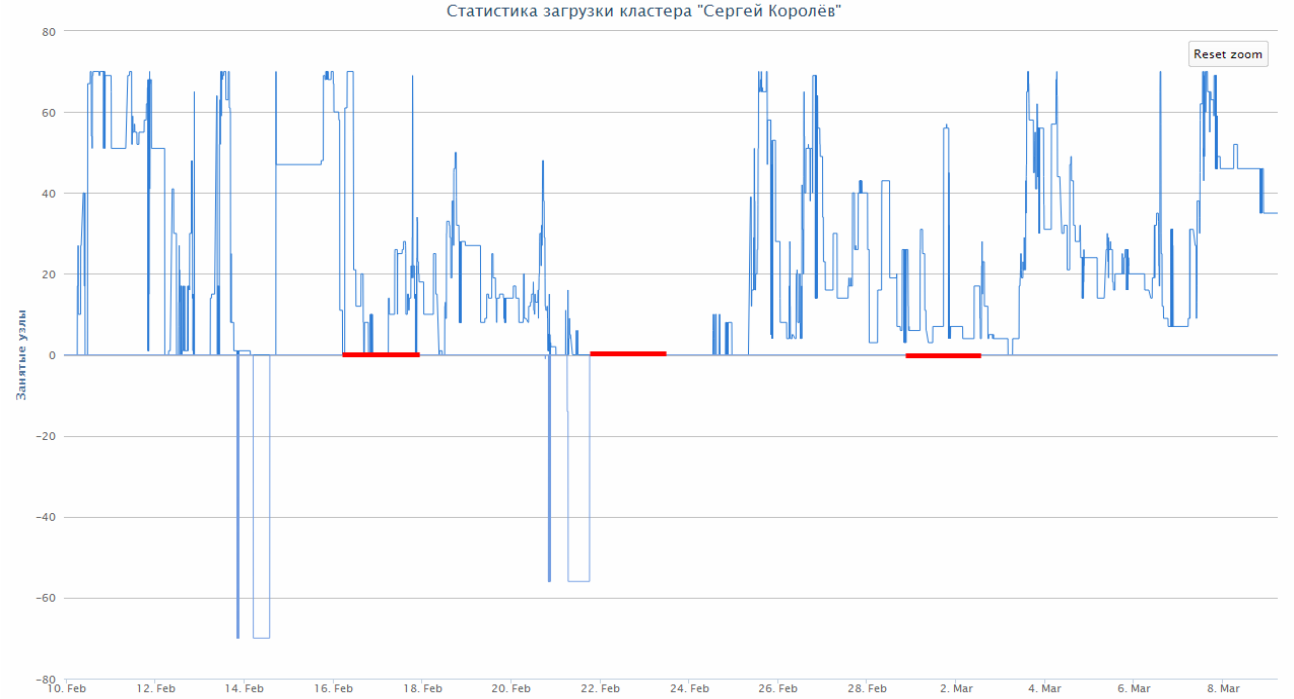


Рис. 1. Профиль загрузки суперкомпьютера «Сергей Королёв»

Помимо анализа загрузки мы построили график синтетической характеристики «суммарное время задач в очереди в секундах» (На рис. 2 представлен график для очередей пакетных задач batch и ПО моделирования ansys). Пунктирная черта показывает суммарное время задач в очереди равное 1 часу в расчёте на 164 узла суперкомпьютера. Из этого мы можем сделать вывод о том, что для прогнозирования времени запуска задач на суперкомпьютере «Сергей Королёв» может подойти метод распознавания быстрых запусков.

Применение результатов прогнозирования. Прогнозирование доступных ресурсов и момента запуска отдельных задач может быть применено для решения задач планирования:

1. выбора окружения для запуска задачи пользователя: с точки зрения длительности исполнения или с точки зрения надёжности систем;
2. построения плана размещения компонентов распределённого приложения;
3. оптимизации параметров запуска и объёмов входных данных для минимизации общего времени обработки.

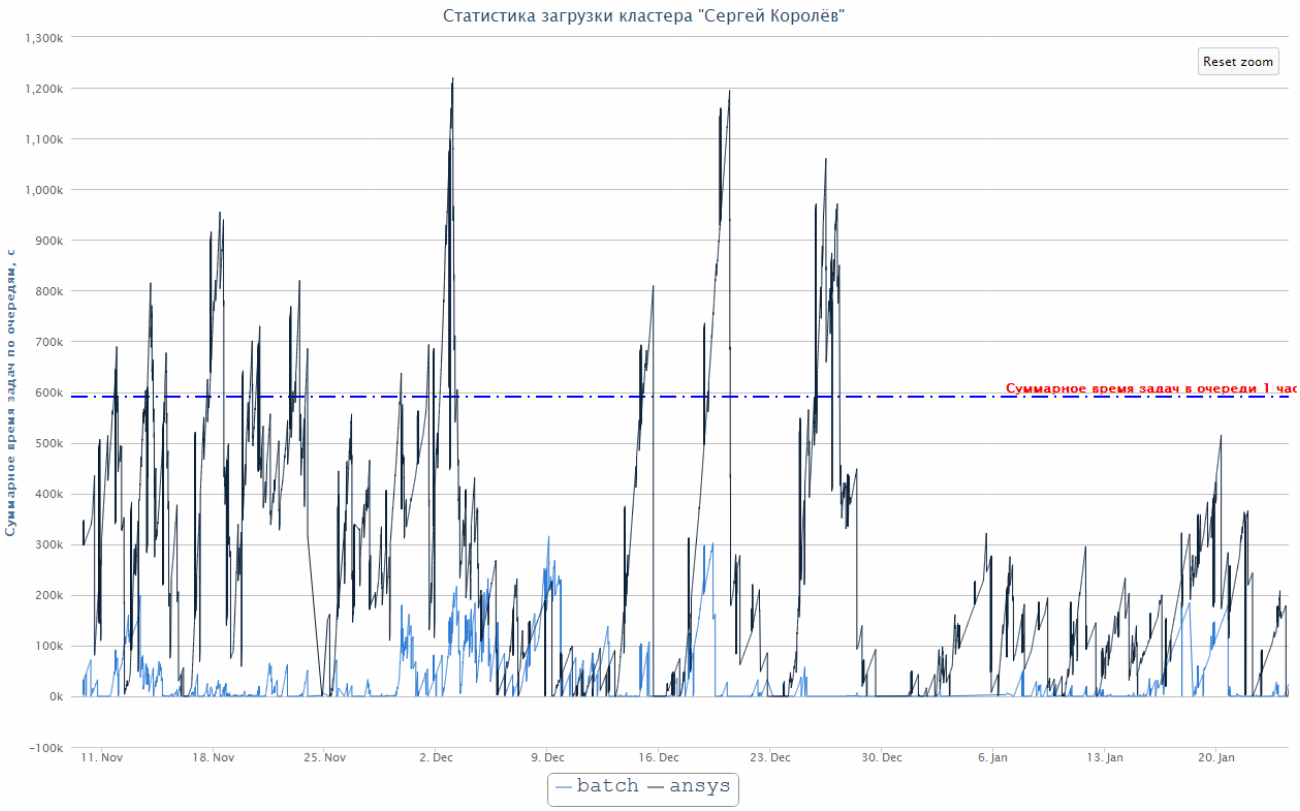


Рис. 2. Суммарное время задач в очереди

Прогнозирование доступных вычислительных ресурсов позволит выбирать целевое окружение для задачи с целью быстрого получения результатов, а также покажет, как долго конкретная задача может выполняться в целевом окружении. Практический результат также может быть получен и в области Desktop Grid систем, он позволит оценить надёжность определённой сети для расчётов с определённым фиксированным сроком исполнения.

Литература

1. Токмакова А.А. Выделение периодической компоненты из временного ряда [Текст] / А.А. Токмакова // Машинное обучение и анализ данных. — 2011. — № 1. — С. 40 - 50.

2. 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.

3. 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.

4. Downey A.B Predicting Queue Times on Space-Sharing Parallel Computers [Текст] / A.B. Downey // IPPS 1997 Proceedings of the 11th International Symposium on Parallel Processing. – 1997. – С. 209 - 218.

5. Kumar R. Identifying Quick Starters: Towards an Integrated Framework for Efficient Predictions of Queue Waiting Times of Batch Parallel Jobs [Текст] / R.

Kumar, S. Vadhiyar // Job Scheduling Strategies for Parallel Processing, 16th International Workshop, JSSPP 2012 Shanghai. – 2012. – С. 196 - 215.

6. Smith W. Using Run-Time Predictions to Estimate Queue Wait Times and Improve Scheduler Performance [Текст] / W. Smith, V.E. Taylor, I.T. Foster // IPPS/SPDP 1999/JSSPP 1999: Proceedings of the Job Scheduling Strategies for Parallel Processing. – 1999. – С. 202 - 219.

7. Li H. Efficient Response Time Predictions by Exploiting Application and Resource State Similarities [Текст] / H. Li, D.L. Groep, L. Wolters // GRID 2005 Proceedings of the 6th IEEE/ACM International Workshop on Grid Computing. – 2005. – С. 234 - 241.

8. Li H. Predicting Job Start Times on Clusters [Текст] / H. Li, D. Groep, J. Templon, L. Wolters // CCGRID 2004: Proceedings of the 2004 IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid. – 2004. С. 301 - 308.

9. Артамонов Ю.С. Программный комплекс анализа многомерных динамических систем и процессов на суперкомпьютере «Сергей Королёв» [Текст] / Ю.С. Артамонов, Ю.П. Назаров, С.В. Востокин, А.В. Дорошин // 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.

С.В. Болтанов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТИПОВОГО РЕШЕНИЯ «МЕТОД ПЕРЕМЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ»: АЛГОРИТМЫ БАРЬЕРНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

В статье продолжаются исследования типового решения «метод переменных направлений» и его эффективность, рассмотренные в [1] и [2].

При использовании типового решения «метод переменных направлений» возникла необходимость реализации и исследовании эффективности барьерной синхронизации и асинхронного ввода-вывода информации.

Синхронизация — это механизм, позволяющий наложить ограничения на порядок выполнения потоков. Путем синхронизации регулируется относительный порядок выполнения потоков и решается любой конфликт между потоками, который мог бы привести к нежелательному поведению программы. Синхронизация обеспечивает координацию выполнения потоков и управление совместно используемыми данными.

Основным свойством большинства параллельных итерационных алгоритмов является зависимость результатов каждой итерации от результатов предыдущей.

Причина, по которой в работе выбран данный способ синхронизации – барьерная синхронизация – в том, что, например, обычный мьютекс – это меха-

низм ядра, а значит, для его работы требуется переход из режима пользователя в режим ядра. Это дорогая операция, но она предоставляет мощный механизм синхронизации, который можно использовать через границы процессов. Однако во многих приложениях синхронизация необходима внутри единственного процесса. Поэтому способность мьютекса работать через границы процессов не нужна и лишь приводит к непроизводительным затратам.

В работе рассматривается три алгоритма барьерной синхронизации: разделяемого счетчика, флагов и управляющего потока и симметричных барьеров.

Самый простой способ реализовать барьер – использовать разделяемую целочисленную переменную-счетчик count с нулевым начальным значением. Пусть есть n рабочих процессов, которые должны собраться у барьера после решения своих задач. Как только процесс дойдет до барьера, он увеличит значение переменной-счетчика count. Когда значение переменной-счетчика count станет равным n, все процессы смогут продолжить работу. Пример реализации следующий:

```
int count = 0;                                    (1)
process Worker[i=1 to n] {
     Код реализации задачи i;
     <count = count + 1;>
     <await (count == n);>
}
```

Недостаток метода заключается в возможности конфликтов обращения к памяти и необходимости обновлять кэш. Однако этой проблемы можно избежать, если на машине есть неделимые инструкции увеличения и согласованная кэш-память.

Второй из способов реализовать барьерную синхронизацию – использовать переменные-флаги. Пусть есть массив целых arrive[1:n] с нулевыми начальными значениями. Заменим операцию увеличения счетчика count в программе (1) присваиванием arrive[i] = 1. Тогда глобальным инвариантом станет предикат

```
count == (arrive[1] + … + arrive[n]).
```

Если элементы массива arrive хранится в разных строках кэш-памяти, то конфликтов обращения к памяти не будет.

Обе проблемы – конфликт обращения к памяти и обнуления массива – можно решить, используя дополнительный набор разделяемых значений и еще один процесс-координатор, Coordinator. Пусть каждый процесс Worker вместо того, чтобы суммировать элементы массива arrive, ждет пока не станет истинным единственно логическое значение. Пусть continue[1:n] – дополнительный массив целых с нулевыми значениями. После того как Worker[i] присвоит 1 элементу arrive[i], он должен ждать, пока значением переменной continue[i] не станет 1.

```
arrive[i] = 1;                                    (2)
<await(continue[i] == 1);>
```

Процесс Coordinator ожидает, пока все элементы массива arrive не станут равны 1, затем присваивает значение 1 всем элементам массива continue.

```
for [i = 1 to n] <await (arrive[i] == 1);>   (3)
for [i = 1 to n] continue[i] = 1;
```

Пусть каждый процесс при достижении им барьера устанавливает собственный шаг. Если W[i] и W[j] – два процесса, то симметричный барьер для них реализуется следующим образом.

```
/*код барьера для рабочего процесса W[i] */
     <await (arrive[i]) == 0);>
     arrive[i] = 1;
      <await (arrive[j] == 1);>
     arrive[j] = 0;

/*код барьера для рабочего процесса W[j] */
     <await (arrive[j]) == 0);>
     arrive[j] = 1;
     <await (arrive[i] == 1);>
      arrive[i] = 0;
```

Первая строка в алгоритме необходима, чтобы не допустить ситуации, когда процесс успеет вернуться к барьеру и установить собственный флаг до того, как другой процесс сбросит флаг на предыдущем использовании барьера.

Третий метод барьерной синхронизации – с помощью симметричных барьеров. При программировании численных методов процессы выполняют одинаковую последовательность действий. Если эти процессы еще и выполняются на отдельных процессорах, то достичь барьер они могу одновременно. Симметричные барьеры для n процессов строятся из пар простых двухпроцессных барьеров. Пусть каждый процесс при достижении им барьера устанавливает собственный шаг. Если W[i] и W[j] – два процесса, то симметричный барьер для них реализуется следующим образом.

```
/*код барьера для рабочего процесса W[i] */
     <await (arrive[i]) == 0);>
     arrive[i] = 1;
      <await (arrive[j] == 1);>
      arrive[j] = 0;

/*код барьера для рабочего процесса W[j] */
     <await (arrive[j]) == 0);>
     arrive[j] = 1;
      <await (arrive[i] == 1);>
     arrive[i] = 0;
```

Первая строка в алгоритме необходима, чтобы не допустить ситуации, когда процесс успеет вернуться к барьеру и установить собственный флаг до того, как другой процесс сбросит флаг на предыдущем использовании барьера.

В рамках выпускной квалификационной работы магистра описанные выше методы используются для программной реализации типового решения «метод переменных направлений» для барьерной синхронизации потоков при вычислениях в численном методе. Реализация барьеров с использованием разделяемых переменных позволяет обеспечить переносимость и высокоэффективное исполнение кода типового решения на программных платформах Win32 и Posix.

Литература

1. Болтанов С.В. Анализ эффективности численного моделирования с использованием типового решения «Метод переменных направлений» // Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении (ПИТ 2012): труды научно-технической конференции с международным участием и элементами научной школы для молодежи, посвященной 40-летию кафедры информационных систем и технологий СГАУ / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2012. – с.67-70

2. Востокин С.В., Литвинов В.Г., Макагонова Д.Д., Хайрутдинов А.Р.Представление алгоритмов высокопроизводительных вычислений в нотации TEMPLET // Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении (ПИТ 2012): труды научно-технической конференции с международным участием и элементами научной школы для молодежи, посвященной 40-летию кафедры информационных систем и технологий СГАУ / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2012. – с.74-76

3. Эндрюс Г.Р. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 512 с.: ил. – Парал. тит. англ.

Э.И. Ватутин, И.А. Мартынов, В.С. Титов

СПОСОБ ОБХОДА ТУПИКОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ДИСКРЕТНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ С ОГРАНИЧЕНИЯМИ

(Юго-Западный государственный университет)

В настоящее время известно большое количество задач фундаментального и прикладного характера, относящихся к классу дискретной комбинаторной оптимизации. В их состав входят многие оптимизационные задачи на графах и множествах [1–3], задачи из области математического программирования и исследования операций [4–5], а также сводимые к ним [6–8]. Для многих из них

(поиск кратчайшего пути в графе, построение минимального остовного дерева, задача о назначениях и др.), образующих собой класс *P*, известны быстрые алгоритмы, обеспечивающие получение оптимального решения за полиномиальное время. В то же время существует достаточно обширный класс задач, именуемый классом *NP*, для которых быстрые полиномиальные алгоритмы неизвестны или принципиально не могут быть разработаны (например, поиск гамильтонова цикла, построение минимальной раскраски, разбиения и др.). Однако и некоторые задачи класса *P*, по определению характеризующиеся полиномиальной асимптотической временной сложностью и в теории считающиеся быстро решаемыми, с ростом размерности не допускают получения оптимальных решений за приемлемое время (например, задача о назначениях, решаемая с использованием Венгерского алгоритма [9] за время $O(N^4)$ или ряд задач, возникающих при трассировке межсоединений печатных плат и микросхем [10]). Указанная проблемная ситуация вынуждает использовать различные эвристические подходы, позволяющие получение субоптимальных решений различного качества с различными затратами вычислительного времени. Во многих из них при этом производится построение комбинаторного дерева, ветви которого представляют собой различные варианты решения. Обход части дерева позволяет получить группу решений, из которых выбирается наилучшее и возвращается в качестве результата работы эвристического метода.

Для многих задач на получаемые решения накладывается ряд ограничений, которые могут иметь различную природу (например, малое или большое число ребер в графе, что соответственно затрудняет поиск путей в первом случае и увеличивает хроматическое число во втором, наличие запрещенных элементов в матрице для задачи о назначениях и пр.) и силу [11–13]. Наличие ограничений приводит к тому, что некоторые из решений (ветвей комбинаторного дерева) являются некорректными (тупиковыми), а соответствующий эвристический метод может не найти ни одного корректного решения даже при теоретической возможности их существования (по мере усиления ограничений задача из доказательства оптимальности решения трансформируется в гораздо более сложную задачу на существование решения), что характеризуется соответствующим значением вероятности отыскания решения.

Рассмотрим обозначенную проблему на примере задачи поиска кратчайшего пути длиной $L = \sum_i l_i \to \min$ в графе $G = \langle A, V \rangle$, где $A = \{a_1, a_2, ..., a_N\}$ – множество вершин, $V = \{v_1, v_2, ..., v_M\} \subset A \times A$ – множество дуг, взвешенных значениями длины $l_i = l(v_i)$. Данная задача достаточно просто формулируется в терминах теории графов, что позволяет использовать ее в качестве тестовой для анализа результатов применения различных эвристических методов. Пример графа, кратчайший путь, комбинаторное дерево и тупиковые решения показаны на рисунке.

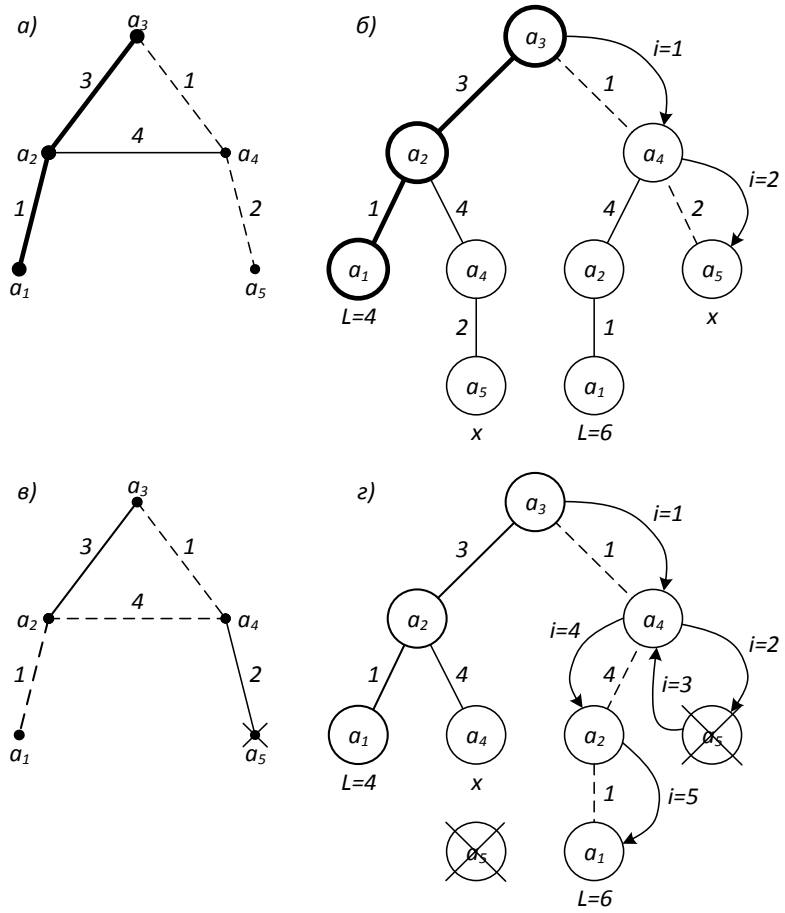


Рис. 1. Иллюстрация к возможности получения тупиковых решений в задаче поиска кратчайшего пути: а – исходный граф (жирным выделен искомый кратчайший путь между вершинами a_3 и a_1, пунктиром показано тупиковое жадное решение); б – соответствующее комбинаторное дерево; в – жадное решение при запрете посещения тупиковой вершины a_5; г – порядок обхода узлов комбинаторного дерева с учетом возврата из тупиковой вершины a_5

В приведенном примере жадный алгоритм (взятый как пример эвристического подхода) приводит к нахождению тупикового пути a_3 - a_4 - a_5. Обход тупиков в данной задаче можно производить путем запрета посещения последней вершины в тупиковом пути (в приведенном примере – a_5) с возвратом на один ярус комбинаторного дерева вверх (при повторном заходе в тупик описанная процедура повторяется).

С целью апробации предложенного способа обхода тупиков в рассматриваемой задаче был проведен вычислительный эксперимент, в ходе которого была сформированы выборка из $K = 100$ графов с $N = 30$ вершин каждый и плотностью $d = 0{,}1$, которая представляет собой отношение текущего числа дуг к максимальному.

Таблица. 1. Результаты вычислительного эксперимента. $\overline{L}$ – средняя длина пути, $\mathrm{D}\overline{L}$ – среднее отклонение длины пути от кратчайшей, $\overline{p}$ – вероятность оты-

скания решения, $\overline{p}_{opt}$ – вероятность отыскания оптимального решения, t – затраты вычислительного времени, O – оптимальное решение, G – жадное решение, RM – случайный перебор, суффикс R в названии метода соответствует применению стратегии возвратов из тупиков

Метод	$\overline{L}$	D$\overline{L}$	$\overline{p}$	$\overline{p}_{opt}$	t, мс
O	1,2088	0,0000	1,00	1,00	0,02
G	1,9231	1,0863	0,28	0,09	0,003
GR	3,7063	2,4974	1,00	0,12	0,01
RM	1,1595	0,0000	0,34	0,34	3,73
RMR	1,2114	0,0026	1,00	0,97	7,08

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что отыскание решений в рассмотренной задаче становится возможным в независимости от наличия тупиков в комбинаторном дереве, что подтверждает целесообразность и работоспособность предложенного способа обхода тупиков. Максимальное число запретов ограничено числом городов N, что определяет линейную зависимость числа возвратов от размерности задачи и не меняет полиномиальной временной сложности исходного безвозвратного алгоритма. Аналогичный прием обхода тупиковых решений в сочетании с методом ветвей и границ может быть применен и в других комбинаторных оптимизационных задачах, однако используемая процедура обхода тупиков будет другой. В настоящее время в рамках проекта добровольных распределенных вычислений Gerasim@home [14] поставлен соответствующий вычислительный эксперимент, целью которого является исследование влияния рассмотренной стратегии обхода тупиков в сочетании с рядом известных методов комбинаторной оптимизации в зависимости от различной размерности задачи и различной плотности графов.

Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания для Юго-Западного государственного университета на 2014–2017 гг., номер НИР 2246, а также в рамках научной школы НШ-2357.2014.8.

Литература

1. Зыков А.А. Основы теории графов. М.: Вузовская книга, 2004. 664 с.
2. Дремов Е.Н., Ватутин Э.И. Сравнение качества решений методов поиска кратчайшего пути в графе // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации (Распознавание – 2013). Курск, изд-во ЮЗГУ, 2013. С. 249–251.
3. Колясников Д.В., Ватутин Э.И. Анализ степени приближения к оптимуму оценки хроматического числа графа с использованием эвристических методов // Оптико-электронные приборы и устройства в системах распознавания образов, обработки изображений и символьной информации (Распознавание – 2013). Курск, изд-во ЮЗГУ, 2013. С. 253–255.
4. Ватутин Э.И., Романченко А.С., Титов В.С. Исследование влияния порядка рассмотрения пар на качество расписаний при использовании жадного

подхода // Известия ЮЗГУ. 2013. № 1 (46). С. 58–64.

5. Ватутин Э.И., Бобынцев Д.О., Романченко А.С. Программа для жадного построения расписаний учебных занятий вуза // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013618554 от 11.09.13.

6. Комбинаторно-логические задачи синтеза разбиений параллельных алгоритмов логического управления при проектировании логических мультиконтроллеров / Э.И. Ватутин, И.В. Зотов, М.Ю. Сохен, В.С. Титов. Курск: изд-во КурскГТУ, 2010. 200 с.

7. Ватутин Э.И. Проектирование логических мультиконтроллеров. Синтез разбиений параллельных граф-схем алгоритмов. Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2011 г. 292 с.

8. Бобынцев Д.О., Ватутин Э.И., Титов В.С. Оценка производительности матричного мультипроцессора при выполнении параллельного алгоритма решения задачи гравитационного взаимодействия N тел // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2013. № 4. С. 20–28.

9. Kuhn H.W. Variants of the Hungarian method for assignment problems // Naval Research Logistics Quarterly, 1956. PP. 253–258.

10. Курейчик В. М., Глушань В. М., Щербаков Л. И. Комбинаторные аппаратные модели и алгоритмы в САПР. М.: Радио и связь, 1990. 216 с.

11. Ватутин Э.И., Волобуев С.В., Зотов И.В. Комплексный сравнительный анализ качества разбиений при синтезе логических мультиконтроллеров в условиях присутствия технологических ограничений // Параллельные вычисления и задачи управления (PACO'08). М.: ИПУ РАН, 2008. С. 643–685.

12. Ватутин Э.И., Титов В.С. Сравнение методов синтеза разбиений граф-схем параллельных алгоритмов с использованием двумерных диаграмм // Известия ЮЗГУ. № 3 (42), 2012. С. 66–74.

13. Ватутин Э.И., Титов В.С. Использование добровольных распределенных вычислений на платформе BOINC для анализа качества разбиений граф-схем параллельных алгоритмов // Параллельные вычисления и задачи управления (PACO'12). М.: ИПУ РАН, 2012. С. 37–54.

14. http://gerasim.boinc.ru

С.В. Востокин

БАЗОВЫЙ СИНТАКСИС ЯЗЫКА РАЗМЕТКИ TEMPLET ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МОДЕЛИ «ПРОЦЕСС-СООБЩЕНИЕ»

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Введение. Для большого числа прикладных задач целесообразно представление кода в виде совокупности процессов, обменивающихся сообщениями. Например, в области высокопроизводительных вычислений такое разбиение служит для эффективного использования ядер и процессоров. В распреде-

ленных вычислениях важен протокол взаимодействия объектов при помощи сообщений. В интеллектуальных многоагентных системах необходимы средства описания процедур обработки сообщений в программных агентах. Системы имитационного дискретно-событийного моделирования обычно в качестве событий рассматривают поступление сообщений в процессы и их обработку.

Традиционное применение модели «процесс-сообщение» в средстве программирования состоит в разработке специального языка программирования или библиотеки времени исполнения для имеющегося языка. Очевидным недостатком первого подхода является сложность разработки, а второго — сложность применения.

Автором предлагается новый подход, основанный на том, что модель «процесс-сообщение» может быть описана на любом языке программирования с пользовательскими типами данных и процедурной семантикой. Для этого необходимо следовать специальным соглашениям на структуру кода. Использование предметно-ориентированного языка разметки кода позволяет автоматизировать построение модели «процесс-сообщение» средствами традиционного языка программирования.

Структура кода. Код программы (например, на языке C++) в терминах модели «процесс-сообщение» можно структурировать следующим образом. Во-первых, это библиотека времени исполнения с базовыми классами «процесс», «сообщение», «диспетчер сообщений» и так далее, для передачи структуры потока управления. Во-вторых, — «связывающий» код, объединяющий библиотеку времени исполнения и код конкретной задачи. В-третьих, – собственно типы данных для сообщений и процедуры их обработки.

Таким образом, код в терминах модели «процесс-сообщение» будет иметь блочную структуру. Поэтому для его анализа не требуется знать синтаксис языка, а достаточно уметь определять границы блоков. Очевидным способом определения границ блоков является разметка при помощи комментариев. Например, в фрагменте кода

```
bool Parent::hello()
{
/*$TET$Parent$hello*/
          cout<<"Hello world!";
          return true;
/*$TET$*/
}
```

Тело метода Parent::hello() может быть легко извлечено из кода, если известны сигнатуры комментариев. В примере bool Parent::hello(){...} — связывающий код, а cout<<"Hello world!"; return true; — код конкретной задачи или пользовательский блок.

Структуру связывающего кода и блоков пользователя можно описать в компактной форме на языке модели «процесс-сообщение». При этом само описание может быть также встроено в код в форме комментария:

```
/*$TET$templet$!templet!*/
/* *Parent=+hello(). */
/*$TET$*/.
```

С учетом описанных допущений контроль соответствия структуры кода модели «процесс-сообщение» может быть проведен перед компиляцией. Для этого требуется выполнить следующую трансформацию кода программы. Необходимо извлечь пользовательские блоки и описание структуры кода из программы, а затем (если структура изменилась) генерировать код программы в соответствии с новым описанием структуры, помещая в код извлеченные ранее пользовательские блоки.

Описание каналов. В модели системы используются два типа объектов - канал и процесс. Канал описывает протокол взаимодействия при помощи сообщений от двух участников: клиента и сервера. Каждый тип канала имеет имя однозначно идентифицирующее его. Канал может состоять из нескольких состояний. Это описывается правилом EBNF:

```
channel = '~' ident ['=' state {';' state}] '.'.
```

Нетерминал ident соответствует имени типа канала. Состояния описывают последовательность взаимодействия между двумя участниками: клиентом и сервером. Состояния имеют имя; делятся на два множества: состояние клиента и состояние сервера; одно из состояний определяется как начальное. Если состояние является состоянием клиента, то сообщение передает клиент, а принимает сервер. Иначе — передает сервер, а принимает клиент. Правило EBNF для состояния имеет вид:

```
state = ['+'] ident [ ('?'|'!') [rules] ].
```

Здесь начальное состояние обозначено знаком '+'; состояние клиента обозначено знаком '?' (он задает вопрос); состояние сервера обозначено знаком '!' (он отвечает на вопрос клиента). Нетерминал ident обозначает имя состояния.

Наконец, правило, описывающее, в какое состояние будет выполняться переход при отправке сообщения из текущего состояния, задается в виде

```
rules = ident '->' ident {'|' ident '->' ident}.
```

Идентификатор перед знаком '->' обозначает сообщение, идентификатор после знака '->' обозначает новое состояние.

Описание процессов. Процесс определяет алгоритм обработки сообщений, поступающих по каналам от других процессов, и ответы на сообщения. Каждый тип процесса имеет имя, однозначно идентифицирующее его. Процесс может состоять из нескольких портов и нескольких действий. Это представлено правилом EBNF:

```
process = '*' ident ['=' ((ports [';' actions]) |
actions) ] '.'.
```

Порт описывает точку подключения канала к процессу. Он характеризуется идентификатором; типом подключаемого канала; ролью процесса во взаимодействии через данный порт (клиент или сервер); а также действием, которое запускается при поступлении сообщения в данный порт, если не выполнены (или не указаны) связанные с портом правила. Правила EBNF для порта имеют вид:

```
ports = port {';' port}.
port = ident ':' ident('?'|'!')[(rules ['|' '->' ident])|( '-
>' ident)].
```

В правилах комбинация имя-тип порта обозначена как ident ':' ident. Знак '?' показывает, что сообщения в правилах — вопросы от клиента. Знак '!' показывает, что поступающие в данный порт сообщения — ответы сервера.

Синтаксис правил для порта аналогичен правилам для каналов. Правила для канала имеют следующую интерпретацию. Слева от знака '->' записывается имя сообщения, поступающего в канал, а справа — имя действия, которое нужно запустить при поступлении данного сообщения.

Действия описывают процедуры обработки поступающих в процесс сообщений и выдачу ответных сообщений. Действия имеют уникальные в пределах процесса имена. Одно из действий может помечаться как начальное (оно запустится при запуске программы). Действие может иметь связанное действие, запускаемое при успешном выполнении. Также может указываться связанное действие, запускаемое при не успешном выполнении. Связанные действия образуют цепочку неделимых (атомарных) операций обработки поступившего сообщения (или начального действия при запуске программы). Правила EBNF для действий имеют вид:

```
actions = action {';' action}.
action = ['+'] ident '(' [args] ')'
                    ['->' ([ident] '|' ident) | ident].
```

Здесь первый идентификатор задает имя действия; идентификатор, записанный после знака '->', задает действие при успешном выполнении текущего действия; идентификатор, записанный после знака '|', задает действие при неуспешном выполнении текущего действия.

Аргумент действия — сообщение на заданном порту, которое может считываться или записываться, а затем отправляться получателю. Правило EBNF для аргументов имеет вид:

```
args = ident ('?'|'!') ident
                    {',' ident ('?'|'!') ident}.
```

Первый идентификатор обозначает порт; знак '?' обозначает (в данном контексте) чтение сообщения; знак '!' обозначает запись и отправку сообщения. Имя сообщения указывается после знаков '?' или '!'.

При генерации кода для действия должны выполняться следующие правила.

А. Действие запускается, если в текущем состоянии подключенных к процессу каналов возможно считать или отправить сообщения, перечисленные как аргумент действия.

Б. Сообщения отправляются, если действие было запущено и вернуло признак успешного завершения.

В. Если указан атрибут в позиции → X | , то переход к связанному действию происходит, если действие было запущено и вернуло признак успешного завершения. Иначе, если указан атрибут в позиции → | X , выполняется переход к данному связанному действию.

Применение и сравнение с аналогами. Рассмотренный язык разметки TEMPLET используется в препроцессоре, входящем в состав веб-сервиса автоматизации параллельных вычислений на суперкомпьютере «Сергей Королев» Самарского государственного аэрокосмического университета, развернутого по адресу http://templet.ssau.ru. Он позволяет разработать и отладить каркас приложения как последовательную программу на локальной машине, а затем автоматически запустить код на исполнение на суперкомпьютере в параллельном режиме с использованием API POSIX Threads. Полная спецификация языка разметки Templet приведена в эталонной реализации [1].

В текущей реализации также выполняется трансформация кода для исполнения в операционных системах Windows с использованием Windows API. Применение языка разметки Templet не требует от пользователя знаний методов параллельного программирования в Unix или Windows и позволяет сосредоточиться на решении прикладной задачи. Другие варианты генерации кода позволяют добавлять отладочную информацию для работы со специально ориентированным на данную модель отладчиком. Разрабатывается средство визуализации кода на основе пакетов OpenOffice/LibreOffice с использованием графической нотации Templet [2].

В дизайне препроцессора Templet используются несколько подходов к автоматизации программирования. Один из них — метод разметки последовательного кода препроцессорными инструкциями для распараллеливания, который широко распространен, в частности, в стандарте OpenMP [3], российской системе DVM [4]; в системе Cilk [5], в её российском аналоге T++ [6] и других. Но, в отличие от них, в системе TEMPLET контроль структуры кода реализуется автоматически за счет генерации кода, а не вручную. Генерирующие макропроцессоры (m4 [7] или современный вариант T4 [8]) также используются для автоматизации программирования. Описанная система относится к классу так называемых активных генераторов, однако, является проблемно-ориентированной. Модель языка Templet – это разновидность модели акторов

[9], но в отличие от специальных языков, например Erlang [10], мы реализуем акторную семантику средствами процедурного языка. Это позволяет использовать системы программирования существующих языков. Система Templet реализует концепцию разработки, управляемой моделями (model-driven development) [11]. В области параллельного программирования это важно при автоматическом преобразовании кода для распараллеливания. Особенность нашей модели в том, что она является комбинацией обычного и предметного языков. Причем семантика модели представлена на обычном языке. Роль предметного языка в системе Templet — краткое описание каркаса программы. Препроцессор Templet может использоваться в режиме метапрограммирования [12]: исходная программа преобразуется в другую программу, выполняющую более сложные преобразования, чем позволяет препроцессор. Например, так могут быть реализованы глубокий семантический анализ и оптимизация кода.

Работа выполнена в рамках проекта «Разработка комплекса технологий использования ресурсов суперкомпьютера «Сергей Королёв» в целях развития инновационной и научно-образовательной среды университета» Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева (национального исследовательского университета).

Литература

1. Востокин С.В. Эталонная реализация языка TEMPLET. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014613169 от 19.03.2014.

2. Востокин С.В. TEMPLET – метод процессно-ориентированного моделирования параллелизма // Программные продукты и системы, 2012. №3. С. 9-12.

3. OpenMP application program interface, version 3.0. OpenMP specification, May 2008.

4. Бахтин В.А., Крюков В.А., Четверушкин Б.Н., Шильников Е.В. Расширение DVM-модели параллельного программирования для кластеров с гетерогенными узлами //Доклады Академии Наук, 2011, том 441, № 6, С. 734–736.

5. Intel Corporation. Intel® Cilk™ Plus Language Specification, 2011.

6. Абрамов С.М., Кузнецов А.А., Роганов В.А.. "Кроссплатформенная версия Т-системы с открытой архитектурой" //Вычислительные методы и программирование. - 2007. - Т. 8. - No 1. - Раздел 2. стр. 175-180.

7. Free Software Foundation Inc. GNU M4, version 1.4.16, February 2011.

8. Microsoft Developer Network. Code Generation and T4 Text Templates. http://msdn.microsoft.com/en-us/library/vstudio/bb126445.aspx.

9. Carl Hewitt. Actor Model of Computation: Scalable Robust Information Systems. Proceedings of Inconsistency Robustness. 2011. (http://arxiv.org/abs/1008.1459)

10. Larson J. Erlang for Concurrent Programming // Communications of the

ACM, 2007, Vol. 52 No. 3, Pages 48-56.

11. Jishnu Mukerji, Joaquin Miller. Overview and guide to OMG's architecture. OMG, June 2003.

12. Чистяков В. R# - метапрограммирование в .NET. RSDN Magazine №5, 2004.

Н.В. Ефимушкина

ИМИТАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

(Самарский государственный технический университет)

Описывается подход к разработке имитационных моделей высокопроизводительных вычислительных систем, таких как многопроцессорные комплексы разной структуры, а также подсистемы памяти этих комплексов. Моделирующие программы разработаны студентами под руководством автора и успешно применяются в СамГТУ в течение ряда лет. Авторы программ награждены дипломами Всероссийского конкурса студенческих работ по естественным наукам.

Введение

Общеизвестно, что высокопроизводительные вычислительные системы характеризуются сложными структурами и режимами функционирования. Для изучения особенностей их работы используются методы теории вычислительных систем (ВС) [1, 3]. Наиболее достоверные результаты позволяют получить эксперименты непосредственно над объектом в реальных или специально созданных условиях. Высокая сложность высокопроизводительных систем ограничивает применение этих методов для обучения студентов.

Формулировка проблемы

Наиболее перспективными представляются методы имитационного моделирования, которые предполагают описание системы в виде алгоритма, который называют 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, учитывать влияние различных факторов и воспроизводить типовые ситуации. Важной особенностью описываемого метода является возможность использования средств визуализации, которые обеспечивают лучшее усвоение материала, в особенности студентами.

В настоящее время из аналогов автору известен только пакет программ имитационного моделирования компьютерных сетей, Opnet. Этот пакет не пригоден для изучения вычислительных комплексов, которые получили широкое распространение в качестве серверов и кластеров. Описываемый комплекс включает в себя модели именно таких объектов.

При разработке моделей решался целый ряд проблем:

1) Выбор основных элементов исследуемых систем, которые должны быть отображены в модели;

2) Определение уровня детализации параметров объекта;

3) Оценка адекватности модели.

При решении первой проблемы в качестве объектов исследования были выбраны:

a) Центральная часть многопроцессорного комплекса, содержащая центральные процессоры и модули памяти;

b) Многоуровневая подсистема памяти вычислительных комплексов.

В моделях необходимо было отобразить основные элементы систем, которые определяют особенности их функционирования. Например, важнейшими элементами многопроцессорных комплексов являются процессоры и связанные с ними модули оперативной памяти (ОЗУ). Конфликты, возникающие при обращении нескольких процессоров к одному модулю ОЗУ, могут существенно повлиять на производительность комплекса в целом. Подсистема памяти имеет иерархическую многоуровневую структуру. Именно такая структура и исследуется в моделях.

Другой проблемой при разработке моделей был выбор состава параметров, описывающих объекты. Они должны обеспечивать уяснение основных особенностей функционирования высокопроизводительных вычислительных систем и их устройств. При этом второстепенные факторы, усложняющие восприятие, необходимо отбросить.

Описываемый подход привел к использованию упрощенных моделей систем. Так, в них не отображаются периферийные устройства, включая ВЗУ. Модели содержат минимальное количество элементов, которого достаточно для уяснения особенностей работы объекта.

Описание моделей для исследования высокопроизводительных вычислительных систем

Рассматриваемые модели представляют собой пакет программ имитационного моделирования вычислительных комплексов, имеющих различную структуру. Он предназначен для проведения лабораторных работ по дисциплине «Высокопроизводительные вычислительные системы» для направлений 230100 и 231000. Пакет может быть полезен при исследовании реальных вычислительных комплексов, имеющих подобную архитектуру. Он позволяет изучить особенности организации вычислительных процессов в центральной части многопроцессорных комплексов, а также в подсистеме их памяти. Имеется возможность исследовать влияние самых разнообразных факторов на производительность этих устройств и систем. Пакет обеспечивает оценку временных характеристик. Он включает в себя имитационные модели для исследования следующих систем:

1) Многопроцессорного комплекса, имеющего фиксированную структуру;
2) Многопроцессорного комплекса с переменной структурой;
3) Многоуровневой подсистемы памяти вычислительных комплексов.

Многопроцессорные вычислительные системы строятся, как правило, на основе одинаковых устройств: процессоров, модулей ОЗУ, ВЗУ и др., которые работают под управлением общей операционной системы. Центральная часть таких систем состоит из нескольких процессоров и модулей памяти, соединенных сетью связи [1].

Исследование влияния конфликтов в центральной части многопроцессорных комплексов на время выполнения программ и производительность системы является одной из важных проблем теории вычислительных систем [1, 2]. Имитационная модель комплекса, работающего в мультипрограммном режиме, реализована в предлагаемой работе. В ней представлено три процессора и три модуля ОЗУ. Большее количество устройств усложнит модель и затруднит изучение системы. Результаты представляются в виде временных диаграмм использования процессоров, как показано на рис. 1. Модель позволяет выявить оптимальный порядок обращения процессоров к ОЗУ, а также влияние на характеристики системы соотношение времен счета и обращения к памяти.

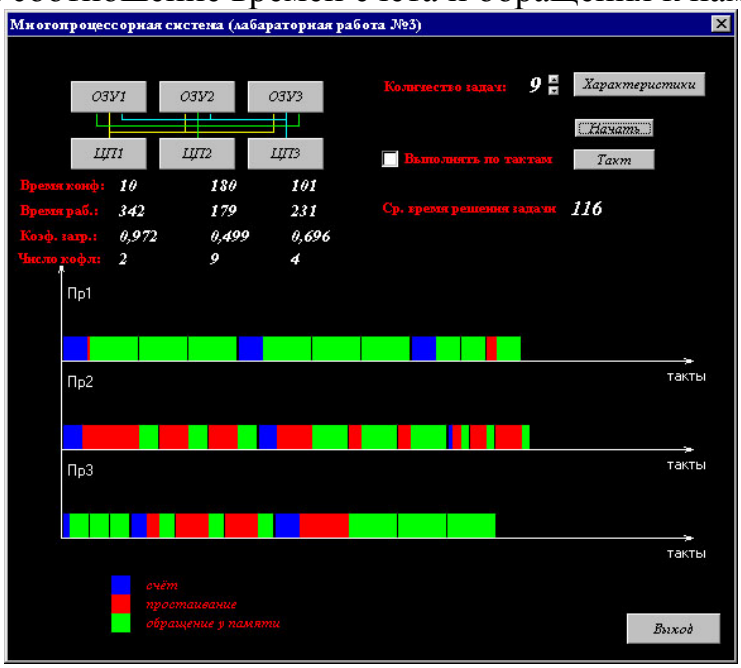


Рис. 1

Модель комплекса переменной структуры обеспечивает изучение особенностей работы таких систем при разном количестве процессоров и ОЗУ, а также различных характеристиках задач, которые могут многократно обращаться к памяти, как это происходит в системах с виртуальной памятью.

Во время моделирования на схеме работа процессора отмечается своим цветом. Если процессор простаивает, то он отмечается красным цветом. ОЗУ, к которому осуществляется обращение, закрашивается цветом соответствующего процессора. Если ОЗУ свободно, то его цвет белый (см. рис. 2). В центре формы рисуется диаграмма, показывающая состояние каждого процессора в каждом такте: синим цветом обозначается счёт, зелёным – обращение к памяти и красным – простой.

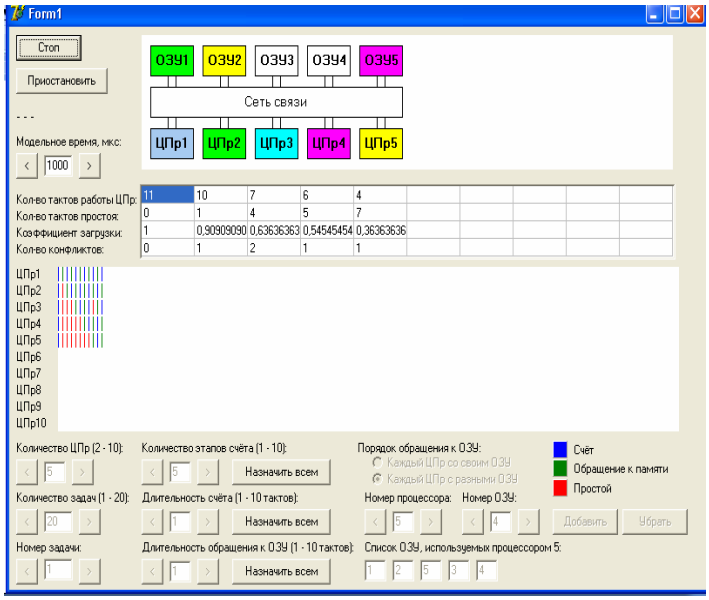


Рис. 2

В последней модели исследуется архитектура многопроцессорного вычислительного комплекса UMA SMP с шинной организацией, содержащая следующие основные устройства подсистемы памяти:

а) оперативная память;
б) кэш-память;
в) локальная память.

Общая структура исследуемого комплекса приведена на рисунке 3. Она соответствует системе, содержащей кэш уровней L 1, L 2 и L 3 [1 - 3].

Рис. 3

Модель использует принцип «локальности ссылок». В ней перепись информации с нижнего уровня в верхний осуществляется блоками строк, имеющих последовательные адреса. Модель позволяет исследовать влияние на характеристики системы количества процессоров, структуры памяти, а также

структуры программы. Имеется возможность определить условия эффективной работы комплекса, а также максимальное значение числа процессоров для подобных структур.

Заключение

Предлагаемый программный комплекс содержит три модели типовых многопроцессорных систем. Он используется при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Высокопроизводительные вычислительные системы» студентами направлений 230100 и 231000. Имитационные модели разработаны с использованием универсальных сред (Delphi и C++). Они являются упрощенными и воспроизводят основные элементы структур и режимов функционирования объектов, что обеспечивает простоту усвоения материала и позволяет определять наиболее оптимальные параметры структур и режимов. Важной особенностью моделей является визуализация исследуемых процессов. Она обеспечивает максимальную наглядность и оптимальный режим обучения.

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.

Е.Е. Ивашко, А.С. Румянцев, А.Л. Чухарев, А.С. Головин

ЗАДАЧА ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

(Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт прикладных математических исследований
Карельского научного центра Российской академии наук)

Значительная часть современных бизнес-процессов происходит с использованием информационных технологий. При этом обработка данных, используемых или порожденных такими процессами, происходит в центрах обработки данных. Согласно определению Ассоциации производителей в области телекоммуникаций (TIA), центр обработки данных (далее ЦОД) — это здание (или его часть), включая оборудование для обработки данных, размещенное в машинном зале, вспомогательную инженерную инфраструктуру (управление электропитанием, обеспечение бесперебойного и резервного питания), коммуникационное оборудование, системы создания необходимых условий окружающей среды (охлаждение, осушение, очистка воздуха), системы пожаротушения, средства обеспечения безопасности [1].

Большая мощность вычислительного и вспомогательного оборудования приводит к значительному объему потребляемой электрической энергии, стоимость которой составляет около 40% общих эксплуатационных затрат ЦОД, что является сдерживающим фактором для широкого их применения. В то же время, значительная часть ЦОД является не загруженными задачами (в связи с резервом мощности, заложенным на стадии создания ЦОД), а нагрузка во времени имеет нестационарный характер. Это позволяет проводить исследования по экономии энергозатрат.

Современное оборудование ЦОД, включая сервера и системы хранения данных, имеет ряд режимов функционирования, среди которых, как правило, присутствуют так называемые режимы пониженного энергопотребления. Для описания состояний энергопотребления устройств применяется спецификация ACPI, поддерживаемая большинством производителей оборудования [2]. Стандарт ACPI позволяет согласованно производить действия по снижению энергопотребления как на уровне базовой (аппаратной) системы управления оборудованием BIOS, так и на уровне операционной системы (ОС). Работа вычислительного оборудования рассматривается в ACPI как переход между режимами, каждый из которых характеризуется уровнем энергопотребления и степенью готовности к работе [3]. Режимы работы подразделяются на глобальные и локальные. Глобальный режим характеризует степень готовности системы вцелом. Режим G0 соответствует режиму готовности, однако в этом режиме отдельные устройства могут переходить в режим снижения энергопотребления. В частности, доступны режимы C0, C1, C2 и C3 для центрального процессора (ЦП) системы. Режим G1 представляет собой режим сна. В этом режиме вычисления приостанавливаются. Стандарт ACPI различает 4 режима сна (S1,S2,S3,S4), каждый из которых характеризуется величиной энергопотребления и скоростью возвращения в режим G0 (больший номер режима соответствует меньшему энергопотреблению и большему времени выхода в режим готовности). Кроме того, значительная часть современных центральных процессоров поддерживает методы снижения частоты процессора. Важно отметить также, что энергопотребление вспомогательного оборудования (такого как источники бесперебойного питания, системы охлаждения) зависит от энергопотребления вычислительной инфраструктуры. Это означает, что наибольшего прироста экономии можно достигнуть путем снижения энергопотребления вычислительных ресурсов.

Отметим некоторые современные программные разработки, позволяющие достигать указанного снижения энергопотребления. Система Intelligent Power Software Suite компании Eaton [4] позволяет управлять электрическими устройствами в режиме реального времени. Платформа Avocent (Emerson) Trellis [5] компании Avocent (подразделения крупнейшего поставщика электрооборудования Emerson) представляет собой программно-аппаратный комплекс управления инфраструктурой ЦОД. Trellis позволяет проводить вычислительные эксперименты по изменению конфигураций ЦОД, вести непрерывный мониторинг сети датчиков функционирования оборудования, управлять энерго-

эффективностью ЦОД, а также управлять распределением времени обслуживающего персонала. Программная система Prognose [6] компании Romonet позволяет проводить прогнозирование поведения ЦОД при измененных режимах функционирования, таких как измененная конфигурация оборудования, повышенная вычислительная нагрузка.

Основным сдерживающим фактором для получения указанной экономии является необходимость поддержания заданного уровня качества обслуживания. Действительно, в случае отсутствия указанных ограничений целесообразно перевести всю инфраструктуру ЦОДа в максимальный режим сна, а в случае необходимости оказания услуг использовать минимальное число серверов (один процессор одного сервера). Подобные схемы используются в некоторых менеджерах расписаний задач операционной системы Linux [7]. Однако большинство коммерческих ЦОДов указывают некоторые характеристики доступности оборудования для пользователей в договоре на обслуживание, что не позволяет применить такие «грубые» методы. Таким образом, единственным способом для повышения экономии электроэнергии без нанесения значительного ущерба качеству обслуживания является применение методов прогнозирования нагрузки ЦОДа. При этом в случае построения достаточно надежного прогноза, можно заранее готовить требуемое «будущим» задачам количество ресурсов, минимизируя риск нарушения условий договора.

Вычислительный кластер (ВК) является примером ЦОД. Особенность ВК состоит в том, что множество вычислительных ресурсов (процессоры, оперативная память, системы хранения, быстрая коммуникационная сеть) воспринимаются пользователями ВК как единый аппаратный ресурс. Доступ к ВК осуществляется удаленно через локальную сеть организации, либо глобальную сеть Интернет в режиме разделения нагрузки между пользователями с использованием менеджера очередей. Работа с кластером ведется в режиме сессии, в течение которой пользователь осуществляет постановку заданий, затем может прервать сессию в ожидании результата. Отметим, что ВК являются лидерами по энергопотреблению среди ЦОДов.

В [8] предложена модель прогнозирования нагрузки ЦОД с разделяемым между n пользователями $\{u_1, \ldots, u_n\}$ доступом. Обозначим $\tau_i(u), i \geqslant 1$ время начала сессии доступа и $\sigma_i(u)$ продолжительность сессии с номером i для пользователя u. Активные в момент времени t сессии пользователя u (т.е. такие, что $\tau_i(u) \leqslant t \leqslant \tau_i(u) + \sigma_i(u)$) порождают поток заявок, каждая из которых характеризуется временем прихода $t_j(u)$, требуемым временем обслуживания $S_j(u)$ (которое может быть заранее неизвестно, либо известно приближенно) и, возможно, дополнительными параметрами (ограничениями на ресурсы). Предположим, что каждое устройство имеет несколько режимов, C_0 (режим обычной работы), $C_1, \ldots, C_k$ (РПЭ, больший индекс соответствует большей экономии). Режиму C_i соответствует величина минимального времени использования этого режима t_i (t_i связано с временем ухода и возвращения из состояния C_i). Если в момент времени T в системе имеется свободный ресурс из K устройств, а в момент $\hat{t}$ в соответствии с прогнозом ожидается уменьшение свободного ресурса уст-

ройств (например, в результате прихода новой заявки) на $\dot{N}$ единиц, то на основании прогноза $\dot{t}, \dot{N}$ необходимо построить вектор $\kappa = (\kappa_0, \ldots, \kappa_k) \in \mathbb{Z}_+^{k+1}$, такой что $\kappa_0 + \cdots + \kappa_k = K$, в котором κ_i есть количество устройств, которое необходимо перевести в состояние C_i, а также вектор $\bar{t} = (\bar{t}_0, \ldots, \bar{t}_k), 0 \leqslant \bar{t}_i \leqslant \dot{t}$, состоящий из моментов выхода из состояний $\{C_i\}$. Целесообразно производить построение прогноза в момент освобождения ресурсов (окончания обслуживания заявки) и корректировать прогноз в следующие ключевые моменты: приход или уход очередной заявки, начало или окончание сессии пользователя.

Рассмотрим систему, в которой очередь пуста. Тогда в момент построения прогноза T пользователь $u \in U$ является активным, если найдется индекс i такой, что $\tau_i(u) \leqslant T \leqslant \tau_i(u) + \sigma_i(u)$, в противном случае пользователь неактивен. Для активного пользователя u прогнозируется возможное время до прихода ближайшей заявки от данного пользователя, параметры заявки, а также длительность активной сессии. Для каждого неактивного пользователя прогнозируется длительность периода неактивности пользователя, а также время прихода ближайшей заявки и параметры заявки. При этом предполагается отсутствие сессий без постановки задачи в очередь. Тогда прогнозируемые значения $\dot{t}, \dot{N}$ могут быть вычислены как значения функционалов

$$\dot{t} = \varphi(\dot{t}_1(U), \ldots, \dot{t}_n(U)), \dot{N} = \psi(\dot{N}_1(u), \ldots, \dot{N}_n(u)),$$

где $\dot{t}_i(U)$ есть вектор ближайших прогнозируемых приходов заявок пользователей U после момента времени T, а $\dot{N}$ есть вектор прогнозируемых уменьшений ресурсов. В простейшем случае можно полагать $\varphi(\cdot) = \psi(\cdot) = \min(\cdot)$. Функционал $\nu(\cdot)$ можно определить аналогично. Отличие случая с непустой очередью заключается в том, что кроме вычисления прогнозируемых векторов $\dot{t}_i(U), 1 \leqslant i \leqslant n$ приходов ближайших заявок и размеров уменьшения ресурса $\dot{N}_i(U)$, необходимо также прогнозировать ближайшее время завершения вычисления очередной заявки (среди заявок, уже занимающих ресурсы).

Предложенная методика может быть использована ретроспективно для оценки возможного эффекта от внедрения системы по имеющимся лог-файлам параметров сессий и заявок, а также для подсчета максимально возможной экономии.

Литература

1. Стандарт TIA-942 [Электронный ресурс]. URL: http://www.in-systems.ru/upload/iblock/23a/tia942.pdf (время доступа: 20.08.2013)

2. ACPI - Advanced Configuration and Power Interface [Электронный ресурс]. URL: http://www.acpi.info/ (время доступа: 15.02.2013).

3. ACPI Overview [Электронный ресурс]. URL: http://www.acpi.info/presentations/ACPI_ Overview.pdf (время доступа: 15.02.2013).

4. Intelligent Power Software Suite [Электронный ресурс]. URL: http://powerquality.eaton.com/Products-Services/Power-Management/Software-Drivers/Intelligent-Power-Suite.asp (время доступа: 20.08.2013)

5. The Trellis Dynamic Infrastructure Optimization Platform [Электронный ресурс]. URL: http://www.emersonnetworkpower.com/en-US/trellis/Documents/Brochures/TRELLIS-BRO-EN.pdf (время доступа: 22.08.2013)

6. Romonet: The Holy Grail of Data Center TCO [Электронный ресурс]. URL: http://www.romonet.com (время доступа: 22.08.2013)

7. Srinivasan V. et al. Energy-aware task and interrupt management in linux // Ottawa Linux Symposium. 2008.

8. Ивашко Е. Е., Румянцев А. С., Чухарев А. Л. Задача прогнозирования нагрузки для повышения энергетической эффективности вычислительного кластера // Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2013): труды международной научной конференции (г. Челябинск, 1-5 апреля 2013 г.). Челябинск, Издательский центр ЮУрГУ, 2013. С. 363-370.

В.В. Козлов

ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ НАТИВНЫЕ СЕРВЕРНЫЕ WEB ТЕХНОЛОГИИ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Распространенные WEB технологии (PHP, ASPX, NodeJs, Python, …) являются скриптовыми и удовлетворительно работают при низких нагрузках на сервер. При повышении нагрузки требуется горизонтальное масштабирование серверного оборудования, то есть создания серверных ферм, что влечет за собой значительное удорожание поддержки таких сайтов. Таким образом, можно выделить основные недостатки скриптовых WEB языков:

1) низкая производительность на один сервер – предопределено динамической структурой скриптовых языков программирования;
2) снижение эффективности кеширования контента и значительное увеличение трудоемкости разработки при горизонтальном масштабировании системы (увеличении количества серверов).

Технология Java выходит за рамки скриптовых языков. Однако использование Java локализовано в так называемом Enterprise секторе для корпоративных приложений, а самым массовым WEB языком, в настоящее время, является PHP.

Одними из наиболее крупных потребителей и движущей силой PHP технологии являются FaceBook и Vkontakte (Россия). Однако, даже перед этими компаниями достаточно давно остро встал вопрос недостаточной производительности применяемых ими технологий.

Рассмотрим историю решения вопроса производительности информационных систем FaceBook [1] (состояние вопроса на 2009 год). В 2010 компания опубликовала технологию HipHop [2], суть которой состояла в трансляции языка PHP в код на C++ с последующей его компиляцией, что позволило поднять

производительность до 5-50 раз. В настоящее время (конец 2013 года) FaceBook экспериментирует с технологий виртуальной машины PHP (компиляция в байт-код) [3], позволяющей ускорить выполнение PHP скрипта до 9 раз.

Другой крупной компанией, применяющей подобный подход является российская компания Vkontakte. В компании разработали технологию kPHP (kitten PHP, 2013 год) [4]. Технология, аналогично тому как это сделано в FaceBook, осуществляет компиляцию PHP кода в код на языке C++ и последующую машинную трансляцию. По утверждениям компании Vkontakte их результат подхода существенно превосходит результат компании FaceBook.

Можно продолжать приводить подобные примеры. Однако, при трансляции PHP была принесены жертвы, например: пришлось отказаться от всего ООП языка PHP, отказаться от средств динамического программирования (инструкция eval).

Для преодоления этого в марте 2014 году компания FaceBook выложила релиз нового языка WEB программирования - Hack [5]. Особенность языка является его статическая типизация и выполнение на виртуальной машине PHP, представленной FaceBook ранее.

Таким образом, ведущие Internet компании мира ускоряют свои WEB приложения за счет применения нативного кода, который непосредственно будет взаимодействовать с клиентом.

Автором предлагается подход по непосредственному использованию нативногго кода для WEB скриптов. Основная проблема разработки WEB приложений на C++ это неосведомленность программистов, и следовательно малая распространенность подходящих инструментов. В настоящее время таких инструментов разработано большое количество. Вот некоторые из них:

1) C++ server page [6] – аналог PHP по способу использования путем встраивания в HTML код (последнее обновление 2008 год);
2) CppCMS [7] – последнее обновление: середина 2013 года;
3) A C++ WebToolkit [8] – немецкая разработка, позволяющая полностью абстрагироваться от знания браузерных WEB технологий и писать GUI WEB приложение как обычное desktop приложение (последнее обновление март 2014 года) ;
4) C++ dynamite for the web [9] – аналог PHP по способу использования путем встраивания в HTML код (последнее обновление 2014 год);
5) High-speed C++ MVC Framework for Web Application [10] – японская быстро развивающаяся WEB технология, базирующаяся на библиотеки Qt.

Однако все описанные технологии достаточно сложны в изучении и имеют свои особенности. Требовалась простая в обслуживании, только серверная технология, позволяющая писать сервлеты в виде простых консольных приложений без специфики WEB, то есть узкоспециализированная, нишевая технология с низким порогом вхождения.

Разработанная технология использования произвольного нативного кода для сервлетов имеет много общего с технологий CGI [11], но отличается от нее большей абстракцией от специфики WEB.

Для реализации разработанной технологии был разработан HTTP сервер, основанный на принципах:

1) переносимость кода основного модуля между различными операционными системами, включая мобильные;
2) требование «нуль-администрирования» - максимально простое развертывание на целевой системе;
3) высокая производительность;
4) модульное расширение с возможностью использования любого языка программирования, позволяющего создавать исполняемые модули, и не требующее от разработчика знания протокола HTTP;
5) прозрачная для разработчика дополнительных модулей авторизация с поддержкой авторизации по нескольким таблицам пользователей и встроенная система генерации сессий;
6) возможность встраивания всей полученной системы в популярные Web сервера (например, Nginx).

В настоящий момент реализованы методы «GET» и «POST» [12], а также поддерживается код продолжения передачи «HTTP/1.1 100 Continue» для обеспечения корректного продолжения приема данных, передаваемых через «POST»; необходимости в реализации всех HTTP методов (PUT, DELETE, ..) не было.

Серверная часть написана на языке C++ с использованием кроссплатформенной библиотеки Qt. Серверная часть является многопоточной и каждый HTTP запрос обрабатывается в отдельном потоке.

Модульное расширение реализуется через общение сервера приложений и модулей через стандартный поток ввода-вывода и передачу стандартизированной информации через системные переменные. Таким образом, модуль, расширяющий систему, представляет собой простое консольное приложение, получающее информацию стандартными операторами ввода и отвечающее через стандартный поток вывода. При этом модуль представляет собой классическое консольное приложение и может быть запущен и отлажен вне Web окружения. Данные авторизации и сессии передаются посредством установки соответствующих системных переменных окружения.

Встроенная аутентификация проводится на основе имени клиента, задаваемого в виде «имя@группа», где в случае отсутствия параметра «группа» сначала проводится расширение имени до полного по специальной таблице. Затем на основе параметра «группа» динамически формируется SQL запрос к соответствующей таблице и таким образом реализуется возможность разделения групп пользователей по различным таблицам. Это необходимо для формирования индивидуального набора полей для каждой из групп пользователей, а также в связи с большим числом пользователей. Для разгрузки базы данных вся информация кешируется в приложении и повторно из базы не запрашивается.

Для облегчения программирования клиентской части (Jscript) сервер имеет ряд дополнительный встроенных функцией, например, агрегирования файлов JS скриптов и передача их единым массивом с гарантированным порядком

и возможностью проверки их корректной загрузки. Необходимость этой серверной функции обусловлена тем, что в современных браузерах для ускорения реализован многопоточный метод запроса всех ссылок из HTML файла и в случае наличия взаимосвязей JS функций возможны коллизии. Кроме того, не гарантируется, что к моменту выполнения JS на странице, все JS ресурсы будут подгружены.

На базе созданной среды WEB разработки были реализованы следующие проекты:

1) «Мониторинг реализации проектов по обеспечению формирования системы взаимодействия университетов и учреждений общего образования по реализации общеобразовательных программ старшей школы, ориентированных на развитие одаренных детей» - реализован по контракту с Минобрнаки РФ в 2011-2013 годах;
2) проект «ОДАРМОЛ», представляющий собой WEB сайт поддержки индивидуального руководства учеными вузов творческих работ учащихся школ – создан в 2013 году по заказу ассоциации строительных вузов России;
3) система тестирования СГАСУ, которая была применена в период зимней сессии 2013/14 учебного года.

Опыт применения созданной платформы WEB разработки на нативном коде показал ее высокую эффективность, высокую скорость разработки и простоту при ее эксплуатации.

Литература

1. «High Performance at Massive Scale: Lessons Learned at Facebook» [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://idleprocess.wordpress.com/2009/11/24/presentation-summary-high-performance-at-massive-scale-lessons-learned-at-facebook/ - Загл. с экрана.

2. «PHP Creator Asks, Is Facebook's HipHop Just a 'Nifty Trick'?» [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.nytimes.com/external/readwriteweb/2010/02/03/03readwriteweb-php-creator-asks-is-facebooks-hiphop-just-a-90057.html - Загл. с экрана.

3. «Facebook invents a PHP virtual machine» [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://news.techworld.com/applications/3461086/facebook-invents-a-php-virtual-machine/ - Загл. с экрана.

4. «kPHP от ВКонтакте» [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://habrahabr.ru/post/187214/ - Загл. с экрана.

5. «Hack: a new programming language for HHVM» [Электронный ресурс] - Режим доступа: https://code.facebook.com/posts/264544830379293/hack-a-new-programming-language-for-hhvm/ - Загл. с экрана.

6. «C++ server page» [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.micronovae.com/CSP.html - Загл. с экрана.

7. «CppCMS» [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://cppcms.com/wikipp/ru/page/main - Загл. с экрана.

8. «A C++ WebToolkit» [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://www.webtoolkit.eu/wt/download - Загл. с экрана.

9. The Tntnet project C++ dynamite for the web / http://www.tntnet.org/ - Загл. с экрана.

10.High-speed C++ MVC Framework for Web Application http://www.treefrogframework.org/ - Загл. с экрана.

1. RFC 3875, «The Common Gateway Interface (CGI) Version 1.1» [Текст], October 2004

11.RFC 2616, «Hypertext Transfer Protocol -- HTTP/1.1» [Текст], June 1999

Л.В. Логанова

ВЫБОР МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ АРХИТЕКТУРЫ СУПЕРКОМПЬЮТЕРА СЕРГЕЙ КОРОЛЁВ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Введение. При решении задач математического моделирования основной интерес исследователей, прежде всего, связан с разработкой или выбором эффективного численного метода. Однако, зачастую при выборе численного метода, в тени остаются вопросы, связанные с архитектурой аппаратных средств и программным обеспечением, используемым для его реализации. Традиционно эти вопросы в литературе рассматривались отдельно [1-4]. Исключение составляют, пожалуй [5-6].

Однако в последние годы появились работы, в которых совместно рассматриваются математические основы параллельных численных методов и параллельных вычислительных систем (ВС). Для параллельных ВС особенно актуальной становится решение проблемы согласованности алгоритмов со структурой таких систем. Эффективная реализация алгоритма на выбранной параллельной вычислительной системе может быть не обеспечена в результате недостаточной загрузки устройств, а также недостаточного учета особенностей коммуникационной сети, соединяющей их. Вместе с тем, еще 70-е годы прошлого столетия академиком Г.И. Марчуком было сформировано соответствующее направление исследований, получившее название «отображение проблем вычислительной математики на архитектуру вычислительных систем». Данное направление включает в себя: структурный анализ алгоритмов, изучение математических особенностей архитектур вычислительных систем, автоматизацию процессов распараллеливания программ, разработку и исследование параллельных численных методов[7].

В настоящее время с активным внедрением в повседневную практику GP GPU интерес к данной тематике многократно возрос. При этом для совместного исследования параллельных алгоритмов и ВС необходимо, чтобы средства их описания были унифицированы. Для построения математической модели алгоритма, реализуемого на суперкомпьютере «Сергей Королев», приведем несколько нотаций представления математических моделей алгоритмов и ВС.

1 Концепция Воеводина В. В. и Воеводина Вл. В.

В работах [8-9] авторы в качестве средств описания ВС и алгоритмов предлагают использование графов. Сравнение свойств систем и алгоритмов на уровне графов приводит к операциям сравнения графов, например, на изоморфизм, гомоморфизм.

Для построения графа алгоритма предлагается множеству операций поставить во взаимно однозначное соответствие множество точек. Соединить дугой точки (вершины), соответствующие операциям, для которых аргумент одной из них является результатом выполнения другой. Выполнив разметку графа особым образом, построить строгую параллельную форму [8-9]. Из возможных параллельных форм выбрать максимальную.

ВС в данной концепции представляется совокупностью функциональных устройств (ФУ), обмен информацией между которыми осуществляется коммуникационной сетью [8-9]. Математическое описание ВС может быть также представлено графом. При этом в качестве базовой модели может быть взят граф алгоритма, в котором каждая вершина отождествляется с ФУ, а дуги определяют связи между ними. Применяя операции простого гомоморфизма к графу базовой модели, получим модель ВС. Данный прием позволяет увеличить загруженность функциональных устройств, обеспечивая этим рост их производительности. При этом возрастает и ускорение. Определение загруженности ВС как взвешенной суммы загруженностей отдельных устройств: $\boldsymbol{p} = \sum_{i=1}^{s} \alpha_i p_i, \quad \alpha_i = \pi_i / (\sum_{j=1}^{s} \pi_j)$ позволяет сделать вывод о том, за счет какого устройства ее можно повысить. Максимально возможное ускорение параллельного алгоритма (N – количество операций, m – высота параллельной формы) равное N/m достигается при использовании устройств минимальным количеством равным ширине алгоритма (q).

Данный подход является наиболее подходящим при создании специализированных ВС, ориентированных на заданный алгоритм. При рассмотрении существующих ВС, даже если система срабатывает и реализует алгоритм, его реализация может характеризоваться слишком большим временем, низкой загруженностью ФУ и т.д. К тому же нет необходимости в рассмотрении готовых современных ВС на уровне ФУ, т.к. последние строятся в соответствии со стандартами, определяемыми их современным развитием. Например, использование в современных кластерных вычислительных системах типичных топологий, организацию узлов в виде SMP и т.д. Так из описания, приведенного на сайте СГАУ, суперкомпьютер «Сергей Королев» имеет многоядерные узлы, а также узлы, оснащенные несколькими GPU. Потому обратимся к другой нотации.

2 Концепция Гергеля В.П.

Рассмотрим математическую модель вычислительного кластера, описанную в работе [10]. Произвольную кластерную ВС также предлагается описывать с помощью ориентированного графа, учитывая статические (например,

$c(p_i)$ – количество вычислительных ядер, $m(p_i)$ – объемы оперативной памяти, $d(p_i)$ – объемы дисковой памяти в килобайтах, $s(p_i)$ – относительную производительность) и динамические (например, $u_i(t)$ – загруженность его вычислительных ядер, $m_i(t)$ – объем доступной оперативной и $d_i(t)$ – дисковой памяти в момент времени $t \in [0;+\infty)$) характеристики, пропускную способность каждой сетевой связи в байтах в секунду (b). Приводится оценка времени передачи сообщения от одного сетевого устройства к другому.

Модель алгоритма предлагается представлять в виде графа $G = (V, R)$, где $V = \{1,...,|V|\}$, V – множество вершин графа, представляющих выполняемые операции, R – множество дуг графа, отражающих информационные зависимости между операциями и отмеченные весами, показывающими интенсивность информационного обмена[11]. При построении параллельного алгоритма предлагается учитывать следующие принципы: граф должен быть минимального диаметра (d – длина максимального пути графа); количество процессоров определяется величиной $p \sim T_1/T_\infty$, при этом $\forall p \Rightarrow T_p < T_\infty + T_1 / p$, $p \geq T_1 / T_\infty \Rightarrow T_p \leq 2T_\infty$ (T_1 – время вычислений на 1 устройстве, T_p – время реализации параллельного алгоритма, а $T_\infty = \min_{p \geq 1} T_p$). Вывод о масштабируемости параллельного алгоритма следует из формулы эффективности: $E_p = T_1 / (T_1 + T_0) = 1 / (1 + T_0 / T_1)$,T_0 – время накладных расходов.

Таким образом, представленная математическая модель ВС наиболее полно соответствует состоянию современных архитектур ВС. Однако, ориентирусь на конкретную модель кластера, при оценивании коммуникационной трудоемкости целесообразно предварительно воспользоваться моделью, предложенной Хокни [12] ввиду ее простоты. При описании модели алгоритма развивается подход, рассмотренный в предыдущей концепции. Ориентируясь на суперкомпьютер «Сергей Королев», следует рассмотреть модели с учетом особенностей GPU.

Концепция Хорошевского В.Г.

В [13] математическая модель ВС ($S = \langle C, G, A(P(D)) \rangle$), рассматривается как совокупность множества вычислителей (C) с типичной структурой (G:линия, кольцо и т.д.) и алгоритмом функционирования (A(P(D))) при реализации параллельной программы P обработки данных (D). При этом $D = \bigcup_{i=0}^{N-1} D_i$, в общем случае $\bigcap_{i=0}^{N-1} D_i \neq 0$, $P = \bigcup_{i=0}^{N-1} P_i$, $\bigcap_{i=0}^{N-1} P_i = 0$ (P_i – i ветвь программы). В качестве рекомендации к распараллеливанию сложных задач, предлагается применение крупноблочного распараллеливания, когда каждому вычислителю (C_i) предписывается выполнение i ветви программы (P_i). В качестве конструктивного приема крупноблочного распараллеливания задач предлагается распараллеливание по циклам.

Т.о. в данной нотации предлагается рассматривать ВС как совокупность устройств, функционирующих в соответствии с заданным алгоритмом в отличие [8-11]. Модель ВС учитывает структуру коллектива вычислителей в отличие от [8-9], но не содержит определений характеристик ее функционирования в отличие от [10]. Модель параллельного алгоритма предполагается в виде графа, однако, не содержит оценки времени его выполнения в отличие от [8-9, 11].

Заключение Таким образом, для построения и исследования математической модели параллельного алгоритма, с минимальным временем реализации на суперкомпьютере «Сергей Королев» предполагается выполнение следующих шагов: построение графа алгоритма согласно[8-9,11]; его оптимизация с помощью операций простого гомоморфизма. В качестве модели ВС воспользуемся представлением из работы [10]. Оценивание загруженности устройств будем выполнять с учетом обеспечения максимального ускорения. Для оценки коммуникационной трудоемкости, воспользуемся моделью Хокни. Анализ масштабируемости алгоритма будем проводить в соответствии с [11]. Для оценки ускорения алгоритма воспользуемся законом Амдала.

Литература

1. Самарский А.А. Введение в численные методы. – М.: Наука, 1987. – 269 с.
2. Мэтьюз, Джон, Г., Финк, Куртис, Д. Численные методы. Использование MATLAB, 3-е издание. : Пер. с англ. — М. : Издательский дом "Вильяме", 2001. — 720 с.
3. Максимов Н.В., Партыка Т.Л., Попов И.И. Архитектура ЭВМ и вычислительных систем; Учебник. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2006
4. Каган Б.М. Электронные вычислительные машины и системы Издательство: М.: Энергоатомиздат Год издания: 1991, 592 с.
5. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления М.: Мир, 1999, 548с.
6. Дж. Ортега Введение в параллельные и векторные методы решения линейных систем. Пер. с англ. –М: Мир, 1991. – 367 с.,ил.
7. Марчук Г. И., Котов В. Е. Проблемы вычислительной техники и фундаментальные исследования.- Автомат, и вычисл. техн., 1979, № 2,с. 3-14
8. Воеводин В. В. Математические модели и методы в параллельных процессах.—М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986.— 296 с.
9. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002.- 608 с.:ил.
10. Гергель В.П., Полежаев П.Н. //Теоретические основы экспериментального исследования алгоритмов планирования задач для вычислительного кластера с помощью симулятора. Вестник ОГУ №9 (115)/сентябрь`2010
11. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений: учебное пособие /В.П. Гергель. — М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 423 с.: ил., табл. – (Основы информационных технологий).

12. Hockney R. The communication challenge for MPP: Intel Paragon and Meiko CS-2 // Parallel Computing. 1994. 20 (3). P. 389 – 398

13. Хорошевский В.Г. Архитектура вычислительных систем: Учеб. Пособие. – 2-е издание, перераб. И доп. – М.: Изд-воМГТУ им. Баумана, 2008, 520с.

В.В. Сазонов, М.А. Щербаков

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЛИНЕЙНОГО SVD-ФИЛЬТРА

(Пензенский государственный университет)

Введение

В общем случае решение задачи восстановления стационарного случайного сигнала или процесса на фоне случайных шумов и помех предполагает выбор одной из двух (как минимум) гипотез: определена или нет априорная модель исходного сигнала. Это принципиальный момент, во многом определяющий дальнейшее решение поставленной задачи.

В первом случае наблюдаемый сигнал целенаправленно подгоняется под выбранную модель, при этом помеха рассматривается как пассивный параметр оценки несоответствия между моделью и сигналом.

Принято считать, что наилучшее восстановление для класса стационарных гауссовых сигналов достигается линейной системой, а ее оптимальной реализацией является фильтр Винера-Колмогорова [1], который может быть представлен в следующем виде:

$$\hat{x}_{i,j} = \frac{\sigma_x^2}{\sigma_x^2 + \sigma_\eta^2} y_{i,j} \ , \qquad (1)$$

где σ_x^2 - дисперсия полезного сигнала, σ_η^2 - дисперсия шума, $\hat{x}_{i,j}$ - восстановленный элемент исходного изображения, $y_{i,j}$ - элемент наблюдаемого изображения.

Соответственно, эффективность работы фильтра Винера в данных условиях во многом определяется точностью количественной оценки шумовой компоненты. Однако данный подход обладает определенными недостатками, в том числе:

- оптимальность достигается интегрально по всей совокупности анализируемого процесса;
- возможная неустойчивость алгоритмов фильтрации [1].

Эти недостатки хорошо известны и привели к появлению целого ряда достаточно успешных модификаций фильтра Винера, например, или в виде апертурных (масочных) алгоритмов, которые работают в окрестности локальных точек [1], или в виде робастных (устойчивых) алгоритмов [2].

В целом же следует признать, что эти подходы зачастую противоречат друг другу, поскольку переход к локальной оптимизации в силу естественного ограничения объема исходных данных может приводить к практической невозможности построения статистически устойчивых алгоритмов.

1 Локальная фильтрация изображений на основе сингулярного разложения

Пусть $x_{i,j}$ - значение яркости полезного изображения на пересечении *i*-ой строки и *j*-го столбца, а наблюдаемое изображение описывается моделью:

$$y_{i,j} = x_{i,j} + \eta_{i,j}, \quad i = \overline{0, I-1}, \; j = \overline{0, J-1}. \tag{2}$$

Здесь - $\eta_{i,j}$ значение помехи в точке с координатами (*i,j*); *f(·)* - функция, описывающая взаимодействие сигнала и помехи, а I и J - соответственно число строк и столбцов изображения.

Рассмотрим некоторую k-окрестность точки наблюдаемого изображения $y_{m,m\in 2k-1}(i,j)$, где k-апертура пространственного фильтра.

Такое представление элемента изображения позволяет сформировать подматрицу наблюдаемых данных **A** размером $(2k-1)\times(2k-1)$, подлежащей дальнейшей обработке (без потери общности будем считать данную область локально стационарной). Одним из наиболее эффективных методов статистического анализа матриц является ее SVD-разложение с целью приведения к каноническому виду [2,3].

Пусть матрица $\mathbf{A} \in \mathbf{R}^{\mathbf{m}\times\mathbf{n}}$ имеет *m* столбцов и *n* строк, причем *m* > *n*. Такая матрица может быть представлена в виде разложения

$$\mathbf{A} = \mathbf{U}\cdot\mathbf{S}\cdot\mathbf{V}^{\mathbf{T}} = \sum_{\mathbf{i=1}}^{\mathbf{n}} \sigma_{\mathbf{i}}\mathbf{u}_{\mathbf{i}}\mathbf{v}_{\mathbf{i}}^{\mathbf{T}}, \tag{3}$$

где $\mathbf{u}_{\mathbf{i}}$ и $\mathbf{v}_{\mathbf{i}}$ - левый и правый сингулярные вектора матрицы **A**, являющиеся ортонормированными столбцами матриц $\mathbf{U} \in \mathbf{R}^{\mathbf{m}\times\mathbf{m}}$ и $\mathbf{V} \in \mathbf{R}^{\mathbf{n}\times\mathbf{n}}$ соответственно; $\sigma_i \geq 0$ – диагональные элементы матрицы **S**, называемые сингулярными числами матрицы **A**.

В случае если соблюдается соотношение $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \cdots \geq \sigma_n \geq 0$, где $\sigma_n > 0$, и матрица **A** имеет полный ранг, то ее можно представить в виде разложения

$$\mathbf{A} = \sigma_1\cdot\mathbf{A_1} + \sigma_2\cdot\mathbf{A_2} + \ldots + \sigma_n\cdot\mathbf{A_n} = \sum_{i=1}^{n}\sigma_i\cdot\mathbf{A}_i, \tag{4}$$

где $\mathbf{A}_i = \mathbf{u}_i\cdot\mathbf{v}_i^{\mathbf{T}}$ - внешнее произведение столбца унитарной матрицы **U** и соответствующего столбца унитарной матрицы $\mathbf{V}^{\mathbf{T}}$.

В терминах матричного анализа SVD-разложение (3,4) предполагает возможность аппроксимации матрицы исходных данных матрицей более низкого ранга, что при восстановлении изображений, искаженного аддитивными некоррелированными шумами (2), позволяет разделить наблюдаемую матрицу **A** на две компоненты: «полезное» изображение и шум. В качестве критерия эффективности матричной аппроксимации можно использовать критерий вида

$$\lambda(p) = \frac{\sum_{i=1}^{p} \sigma_i^2}{\sum_{i=1}^{p} \sigma_i^2 + \sum_{j=p+1}^{n} \sigma_j^2} \le \lambda_{опт}, \qquad (5)$$

где $\lambda_{опт}$ – эффективный порог аппроксимации, позволяющий оценить «мощность» шумов $\sum_{j=p+1}^{n} \sigma_j^2$, удаляемых из рассмотренной окрестности матрицы исходных данных.

Следует заметить, что критерий (5) матричной SVD-аппроксимации полностью повторяет и структуру, и физический смысл классического фильтра Винера-Колмогорова (2).

Важнейшим свойством предложенного авторами подхода является свойство робастности данной SVD-фильтрации, т.к. любое пренебрежимо малое (даже равное нулю) значение сингулярного числа автоматически относится к шумовой составляющей, что полностью гарантирует устойчивость предложенного алгоритма.

2 Нелинейный SVD-фильтр, адаптированный к локальным свойствам изображения

Следует отметить, что в восстановленном, с помощью SVD-фильтра, изображении практически отсутствуют искаженные шумом области, однако его контрастность по отношению к исходному изображению в определенной степени ухудшилась. Это вполне ожидаемый результат, т.к. SVD-фильтр Винера-Колмогорова [3] относятся к классу линейных НЧ-фильтров.

Для устранения указанного недостатка авторами [4] был предложен новый подход к проектированию нелинейных фильтров с адаптацией к локальным свойствам изображений. На его основе можно построить различные структуры цифровых нелинейных фильтров, отличающихся видом оценок, используемых для анализа локальных свойств сигналов, и параметрами адаптации.

В частности, входной процесс $x(\mathbf{n})$ может быть представлен в виде низкочастотной $x_L(\mathbf{n})$ и высокочастотной $x_H(\mathbf{n})$ составляющих, а выходной сигнал $y(\mathbf{n})$ фильтра формируется как сумма

$$y(\mathbf{n}) = x_L(\mathbf{n}) + \alpha x_H(\mathbf{n}), \qquad (6)$$

где $\mathbf{n} = [n_1, n_2]$ – вектор, определяющий координаты точки (пикселя) изображения, а параметр α адаптации определяется локальным значением критерия (5). В зависимости от локальных свойств изображения (фон или перепад) параметр α должен усиливать либо ослаблять вклад нелинейной составляющей фильтра. Таким образом, поведение такого нелинейного фильтра будет иметь адаптивный характер, изменяясь в зависимости от локальных свойств входного сигнала.

Исходя из выбранной модели (6), была разработана нелинейная модификация SVD-фильтра, сохраняющая контрастные свойства изображений.

Будем формировать выходной сигнал фильтра согласно следующему выражению:

$$y(n) = (1-\alpha_n)x(n) + \alpha_n \hat{x}(n), \qquad (7)$$

где α_n – параметр адаптации, $-1 \le \alpha_n \le 1$, а $\hat{x}(n)$ - выходной сигнал линейного SVD-фильтра. Если параметр $\alpha_n = 1$, то выражение (7) будет соответствовать линейному фильтру нижних частот, при $\alpha_n = -1$ – фильтру верхних частот, а при $\alpha_n = 0$ входной сигнал будет передаваться без изменения. Определяя соответствующим образом параметр α адаптации, можно изменять поведение фильтра в зависимости от локальных свойств входного сигнала.

Допустим, требуется обеспечить фильтрацию широкополосного шума без искажения фронтов. В этом случае фильтр должен изменять свое поведение, проявляя низкочастотные свойства на пологих участках изменения входного сигнала и высокочастотные – при обнаружении перепадов.

Одним из вариантов преобразования критерия λ_n в параметр адаптации α_n является кусочно-линейная функция

$$\alpha_n = \begin{cases} 1, & \lambda_n < a; \\ \dfrac{2\lambda_n - a - b}{b - a}, & a \le \lambda_n \le b; \\ -1, & \lambda_n > b, \end{cases} \qquad (8)$$

где предварительная настройка фильтра на заданный динамический диапазон осуществляется изменением величин порогов a и b.

а) б) в)

Рис. 1. Результаты фильтрации изображения:
а) исходное изображение; б) – изображение, искаженное гауссовым шумом (σ_η=0.01); в) результат адаптивной нелинейной фильтрации

Пример фильтрации зашумленного изображения приведен на рис. 1. В качестве входного использовалось изображение “Замок” (рис. 1,*а*), искаженное гауссовым шумом с дисперсией σ_η=0.01 (рис. 1,*б*). Результат адаптивной нелинейной фильтрации вида (7) показан на рис. 1,*в*. Параметр адаптации формировался согласно выражениям (5) и (8). Из приведенных результатов видно, что качество изображения после нелинейной обработки отличается высокой степенью подавления шума и четкостью деталей изображения.

Литература

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. - М.:Техносфера, 2005. - 1072 с.
2. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления: Пер. с англ.-М.:Мир, 1999.- 548 с.
3. Сазонов В.В., Щербаков М.А. Применение сингулярного фильтра Винера-Колмогорова при восстановлении изображений. // Инновационные информационные технологии: Труды междун. науч.-практ.конф. – М.:МИЭМ, 2012. - С.309-312.
4. Щербаков М.А., Сазонов В.В. Проектирование нелинейных фильтров с адаптацией к локальным свойствам изображения. // Проблемы автоматизации и управления в технических системах: Труды международного симпозиума.- Пенза: Пенз. гос. ун-т. – 2013. – С.185-191.

В.В. Сазонов, М.А. Щербаков

ВОССТАНОВЛЕНИЕ СЛАБОКОНТРАСТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

(Пензенский государственный университет)

Введение

Одной из актуальных проблем обработки цифровых изображений является проблема анализа и коррекции слабоконтрастных изображений. Область практических приложений составляет здесь целый спектр задач, начиная от улучшения качества медицинских исследований, задач неразрушающего контроля, продолжая повышением достоверности результатов дистанционного зондирования и т.д. Основная задача заключена в том, чтобы сделать визуально неразличимые участки или детали объекта видимыми.

Изображения, полученные в неблагоприятных условиях освещенности, часто не используют весь диапазон возможных градаций яркости, что и предопределяет их низкую информативность. В этих случаях контрастность изображения, яркости элементов которого расположены в узком промежутке возможных значений, низкая. В результате соседние на изображении фрагменты имеют слишком близкую яркость, что и обуславливает их плохую различимость. К тому же цифровые изображения получаются сильно зашумленными, вследствие этого актуальной задачей является улучшение качества изображений путем повышения контраста с одновременным подавлением шумов. Естественно, что эти цели часто вступают в противоречие друг с другом: повышение контраста одновременно усиливает и шумы, а фильтрация помех наряду с шумами подавляет и полезную информацию. Более того, при сглаживании возникают ложные границы, сопоставимые по яркости с границами слабоконтрастных объектов.

Традиционные методы цифровой обработки изображений, использующие жестко детерминированные алгоритмы восстановления (методы линейного преобразования и нормализации гистограммы, выделения контура и т.п.) при

отсутствии предварительной информации о пространственном и частотном составе сигнала не способны на качественное решение данной проблемы.

Метод восстановления слабоконтрастных изображений

Предлагаемый подход к восстановлению информативности слабоконтрастных изображений представляет собой комбинацию двух взаимосвязанных задач: улучшения контрастности изображения с одновременным подавлением имеющихся помех. Как уже было отмечено [1], слабую контрастность снимков, полученных в «нормальных» условиях, можно отнести, например, и к субъективной проблеме различения соседних уровней при определении границ между фрагментами растрового изображения. Причем, эта субъективность, проявляется, прежде всего, в классификации причин слабой контрастности (недостаточная освещенность и т.д.)

Любые действия по «улучшению» изображений в общем случае описываются моделью вида $\mathbf{X} = \mathbf{\Psi}(\mathbf{A})$, где $\mathbf{A}$ - исходное изображение, $\mathbf{X}$ – скорректированное изображение, $\mathbf{\Psi}$ – некоторый целевой функционал преобразований.

Предлагаемый метод восстановления слабоконтрастных изображений является развитием методов обработки цифровых сигналов и изображений, основанных на анализе матрицы исходных данных в базисе сингулярных чисел и сингулярных векторов (***S**ingular **V**alue **D**ecomposition*) [2].

Пусть матрица $\mathbf{A} \in \mathbf{R}^{\mathbf{m}\times\mathbf{n}}$, состоящая из вещественных чисел, имеет m столбцов и n строк, причем $m > n$, представлена в виде SVD-разложения

$$\mathbf{A} = \sigma_1 \cdot \mathbf{A_1} + \sigma_2 \cdot \mathbf{A_2} + \ldots + \sigma_n \cdot \mathbf{A_n} = \sum_{i=1}^{n} \sigma_i \cdot \mathbf{u}_i \cdot \mathbf{v}_i^{\mathbf{T}}, \qquad (1)$$

где $\mathbf{u_i}$ и $\mathbf{v_i}$ - левый и правый сингулярные вектора, $\boldsymbol{\sigma_i} \geq 0$ - сингулярные числа матрицы $\mathbf{A}$.

При этом сингулярное разложение переводя матрицу $\mathbf{A}$ из исходного пространства единичных векторов $<\mathbf{e}_i, \mathbf{e}_i>$ в ортогональное пространство сингулярных векторов $<\mathbf{u}_i, \mathbf{v}_i>$, одновременно осуществляет и ее линейную декомпозицию на ряд составляющих, причем сингулярное число σ_i определяет «вес» отдельной компоненты.

В терминах матричного анализа SVD-разложение предполагает возможность аппроксимации матрицы исходных данных матрицей более низкого ранга, что позволяет реализовать устойчивые процедуры функциональных преобразований исходных данных.

Из теории матричного анализа более известно [3] другое представление сингулярного разложения (1) в виде

$$\mathbf{A} = \mathbf{U} \cdot \Lambda \cdot \mathbf{V}^{\mathbf{T}}, \qquad (2)$$

где $\mathbf{U}$ и $\mathbf{V}$ есть матричное представление левых и правых сингулярных векторов в (1), а $\mathbf{\Lambda}$ – диагональная матрица с элементами σ_i.

Учитывая, что для матриц неполного ранга $\mathbf{A}$ сингулярные значения $\boldsymbol{\sigma_i}$ принимают только положительные, не равные нулю значения, то известное равенство [4]

$$\mathbf{\Psi(A)=\Psi(\Lambda)} \qquad (3)$$

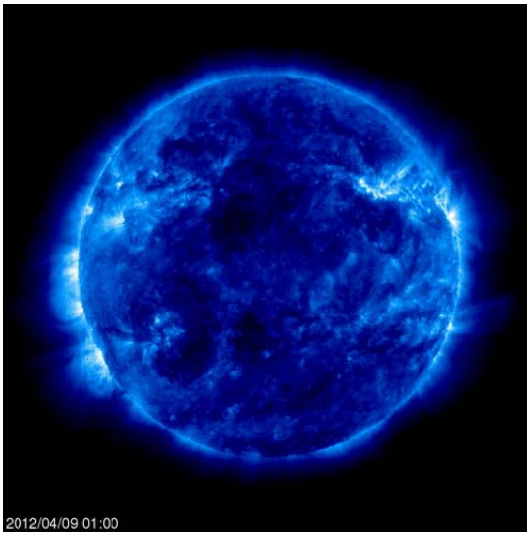
позволяет предложить набор целенаправленных процедур анализа элементов диагональной матрицы **Λ** сингулярных значений.

Если воспользоваться терминологией гармонического разложения в ряд Фурье, можно заметить, что SVD-факторизация (1) исходных данных является ее аналогом, только в координатах собственных «сингулярных гармоник» с коэффициентом, равным вектору сингулярных чисел. Причем, для сингулярных чисел выполняется условие $\sigma_{i-1} \geq \sigma_i$, а частоты собственных векторов возрастают с увеличением индекса разложения.

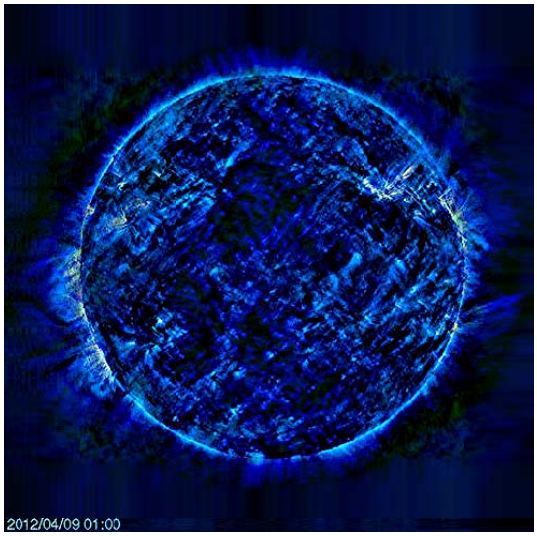
Поскольку проблема повышения информативности слабоконтрастных изображений относится к одной из задач высокочастотной (ВЧ) фильтрации, то, учитывая равенство (3), улучшение изображений возможно средствами нелинейного преобразования сингулярных чисел $\mathbf{\Lambda}^* = \mathbf{\Psi}(\mathbf{\Lambda})$ с последующим восстановлением (2) матрицы $\mathbf{A}^*$.

Результаты экспериментов

На рисунках приведены результаты восстановления слабоконтрастных изображений на основе сингулярного разложения матрицы исходных данных, использующего логарифмическое преобразование сингулярных чисел совместно с процедурой фильтрации аддитивных помех [5] . Исходные снимки относятся к различным областям, начиная от астрономии, где возможны повторные исследования, заканчивая уникальными фотографиями [6], полученными с помощью марсохода NASA Curiosity.

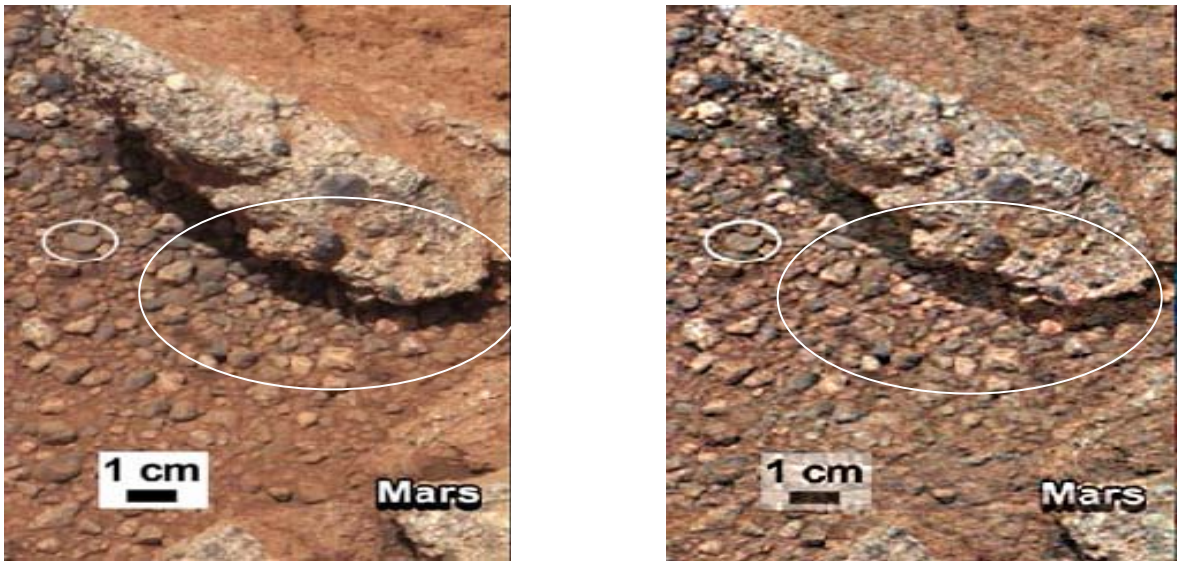


а)



б)

Рис.1. Контрастирование астрономического снимка:
а) исходное изображение солнца; б) результат SVD-контрастирования



а) б)

Рис.2. Контрастирование изображения поверхности Марса (марсоход NASA Curiosity [6]): а) исходный снимок; б) результат SVD-контрастирования

Данные иллюстации демонстрируют информационные возможности предложенного метода получения дополнительных сведений о структуре, как локальных областей изображения, так и всей картинки целиком.

Заключение

В статье изложен новый метод восстановления слабоконтрастных изображений на основе сингулярного разложения матрицы исходных данных. Представленные информационные возможности данного подхода подтверждены результатами восстановления контрастности реальных цифровых изображений. В качестве направления дальнейших исследований предполагается предложить методы и алгоритмы анализа результатов SVD-разложения массива исходных данных (в частности вектора сингулярных значений) для синтезирования контрастирующих SVD-фильтров, оптимальных, с точки зрения, определенных критериев и эффективных, с точки зрения, вычислительных затрат.

Литература

1. Gonzales R.C., Woods R.E. Digital image processing. - Boston, MA Addison-Wesley, 2001. - 823 p.
2. Форсайт Дж., Малькольм М., Моулер К. Машинные методы математических вычислений: Пер. с англ. - М.: Мир, 1980. – 279 с.
3. Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления: Пер. с англ.-М.:Мир, 1999.- 548 с.
4. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. – М.: Наука, 1966. – 576 с.
5. Сазонов В.В. Восстановление телеизмерительной информации на фоне аддитивных помех. Надежность и качество-2012: Труды междун.симпозиума.- Пенза, изд-во ПГУ, 2012.Т.2. С.381-383.
6. http://mars.jpl.nasa.gov/msl/multimedia/images/ - Интернет-ресурс.

В.В. Сазонов, М.А. Щербаков

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД СИНГУЛЯРНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ

(Пензенский государственный университет)

Введение

Цифровые изображения часто искажаются шумами, появляющимися на этапах их получения и/или передачи. Причинами возникновения шумов на цифровых изображениях могут быть сбои в каналах связи, шум видеосенсора и др. Одним из основных видов шумов является импульсный шум.

Целью работы являлось развитие возможностей ортогональной фильтрации импульсных шумов и помех в сигналах и изображениях. Данный подход не требует априорных сведений о характеристиках полезных сигналов и шумов.

Единственной априорной информацией в рамках данного метода является предположение о конечности интервала взаимной корреляции полезного сигнала и шумовой компоненты, определяемого исходя из характера физических особенностей рассматриваемой задачи. Данное положение имеет вполне определенную практическую предпосылку и является естественным теоретическим ограничением.

Поскольку величина связанных с импульсным шумом искажений, как правило, велика по сравнению с величиной полезного сигнала, импульсный шум после оцифровки, как правило, принимает экстремальные значения. В этом случае задача фильтрации импульсных помех состоит в обнаружении помехи и последующем исправлении искаженных значений амплитуды наблюдаемого сигнала [1].

Для подавления такого рода помех обычно используется медианная фильтрация [1,2]. В ее основе лежит упорядочение элементов изображения по возрастанию и выделение среднего члена полученного ряда. Медианная фильтрация является более эффективным средством подавления импульсных помех, чем обычное усреднение, так как позволяет сохранить четкость деталей изображения. Размер окна медианного фильтра должен быть выбран в два раза больше ширины импульса, что будет обеспечивать подавление одиночных импульсов. В случае слияния импульсов медианный фильтр не гарантирует их удаление. Для удаления таких помех размер маски фильтра должен быть увеличен. Однако это неизбежно приводит к размыванию границ деталей изображения. В результате такая фильтрация не только удаляет импульсные шумы, но и вносит искажения в истинные элементы изображения.

Модифицированный метод сингулярной фильтрации импульсных помех

Теоретическое обоснование возможности использования ортогональной фильтрации импульсных шумов на основе сингулярного разложения были изложены авторами в [3]. Основным недостатком практической реализации дан-

ного подхода являлась невозможность одномоментного устранения последовательности импульсных «всплесков» на цифровом изображении. В связи с этим приходилось осуществлять дополнительные итерации.

Предлагаемый модифицированный метод сингулярной фильтрации импульсных помех предполагает решение данной задачи также в рамках естественных координат исследуемого процесса.

Пусть $\mathbf{f} = [x_{1,} \ldots, x_{i-1,} x_{i,} x_{i+1,} \ldots, x_n]$ - вектор исходных данных, искаженный аддитивной импульсной помехой $\boldsymbol{\eta} = [0, \Delta_2, , \Delta_3, \Delta_4, \Delta_5, 0, \ldots \Delta_{i,}, \ldots, 0]$. Задачей фильтрации является восстановление $\hat{\mathbf{f}}$ по наблюдаемым данным $\mathbf{g}=\mathbf{f}+\boldsymbol{\eta}$. Следует отметить, что вектор помехи $\boldsymbol{\eta}$ содержит последовательный ряд импульсной компоненты.

Для статистического анализа матрицы наблюдаемых данных $\widetilde{\mathbf{X}}$, построенной на основе вектора **g,** воспользуемся ее SVD-разложением [4] вида

$$\widetilde{\mathbf{X}} = \mathbf{U} \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{V}^{\mathbf{T}} = \sum_{\mathbf{i=1}}^{2} \sigma_{\mathbf{i}} \mathbf{u}_{\mathbf{i}} \mathbf{v}_{\mathbf{i}}^{\mathbf{T}}, \qquad (1)$$

где $\mathbf{u}_{\mathbf{i}}$ и $\mathbf{v}_{\mathbf{i}}$ - левый и правый сингулярные вектора матрицы $\widetilde{\mathbf{X}}$, являющиеся ортонормированными столбцами матриц **U** и **V** соответственно; $\sigma_i \geq 0$, $\mathbf{S} = \mathrm{diag}(\sigma_1, \sigma_2)$.

Теперь $\widetilde{\mathbf{X}}$ можно представить в виде разложения

$$\widetilde{\mathbf{X}} = \sigma_1 \widetilde{\mathbf{X}}_{\mathbf{1}} + \sigma_2 \widetilde{\mathbf{X}}_{\mathbf{2}} \qquad (2)$$

где $\widetilde{\mathbf{X}}_i = \mathbf{u}_i \cdot \mathbf{v}_i^{\mathbf{T}}$ - внешнее произведение столбца унитарной матрицы **U** и соответствующего столбца унитарной матрицы $\mathbf{V}^{\mathbf{T}}$.

В отличие от [3] алгоритм модифицированного SVD-фильтра предполагает двухэтапную процедуру удаления импульсных помех. На первом этапе преобразованиям (1, 2) подвергается каждый второй элемент вектора исходных значений $\mathbf{f_2} = [x_{1\,,} x_3, x_{5,} \ldots, x_{n-2}, x_n]$, с последующим приведением к исходным размерам. Это гарантирует на втором этапе фильтрации восстановленного вектора отсутствие «пачки» импульсных помех.

Предложенная модификация SVD-фильтра импульсных помех повышает качество восстановления искаженного изображения в силу отсутствия дополнительных итераций и значительно сокращает временные затраты.

На рис.1 приведен пример удаления импульсного шума с $\sigma_ш$=0,4 из изображения «Лена». Можно заметить, что оба SVD-фильтра (рис 1.г и 1.д) успешно восстановили исходное изображение, сохранив его контрастность и различимость мелких деталей. Причем предлагаемому методу при лучшей степени подавления помех потребовалась всего одна итерация. В то же время медианный фильтр при удовлетворительном качестве подавления помех внес значительные искажения в восстановленную картинку.

Заключение

1. На основе модифицированного SVD-фильтра импульсных помех предложен алгоритм, позволяющий оптимизировать временные затраты на восстановление изображений.

а) б)

в) г) д)

Рис.1 Пример удаления импульсного шума
а) исходное изображение; б) искаженное изображение ($\sigma_ш$=0,4); в) после медианного фильтра; г) результат SVD-фильтра [3] после 3 итераций; д) результат модифицированного SVD-фильтра после 1 итерации

2. Приведенный пример иллюстрирует качество SVD-фильтрации импульсных помех в цифровой обработке изображений.

3. Результатом дальнейших исследований является разработка экспресс-алгоритмов подавления шумов, оптимизированных по временным затратам.

Литература

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. - М.:Техносфера, 2005. - 1072 с.

2. Ярославский Л.П. Введение в цифровую обработку изображений .-М.: Сов.радио, 1979. – 312 с.

3. Сазонов В.В., Щербаков М.А. Сингулярная фильтрация импульсных помех в сигналах и изображениях. // Инновационные информационные технологии: Труды междун. науч.-практ.конф. – М.:МИЭМ, 2012. С.307-309.

4. Форсайт Дж., Молер К. Численное решение систем линейных алгебраических уравнений: Пер. с англ. - М.: Мир, 1969.

А.Р. Хайрутдинов

МЕТОД РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОТОБРАЖЕНИЯ ДЛЯ ШАБЛОНОВ GRAPHPLUS TEMPLET

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

На сегодняшний день спектр решаемых с помощью параллельного программирования задач растёт. Между тем, остро строит проблема создания корректных и максимально эффективных программ. Она обусловлена как относительной новизной области, так и наличием качественно других эффектов, присущих именно параллельному выполнению алгоритмов: состоянию гонки, появлению тупиков, необходимости синхронизации и организации монопольного доступа к данным и т.п. Всё это влечёт за собой многократное усложнение поиска ошибок и выполнения отладки. Неудивительно, что предпринимаются попытки упрощения процесса разработки, и распространённым подходом к этому является использование технологии визуального программирования.

Существует достаточно большое число представителей данного направления. Одним из них является программный комплекс *Graphplus Templet* [1], предназначенный для создания и использования типовых решений («темплетов») при разработке параллельных программ. На текущий момент в состав набора разработчика входит ряд шаблонов применяемых для решения различных задач, в том числе схема конвейерной организации вычислений *Pipeline* [2].

Время исполнения параллельной программы исполнения зависит от многих факторов: адекватного выбора алгоритма, эффективности реализации на языке программирования, производительности вычислительного комплекса, распределения задач по вычислительным ресурсам, использования балансировки (статической или динамической) и т.п. Однако на практике наибольшую неопределённость вызывают последние два. Действительно, для большинства задач алгоритмы решения известны, и, как правило, существуют их корректные реализации. С другой стороны, от неудачного выбора схемы распределения ресурсов производительность программы может сильно пострадать. Это получило название «проблемы отображения» – задачи установления такого соответствия между исполняемыми единицами программ и имеющимися в наличии вычислительными ресурсами, чтобы итоговая программа наиболее эффективно использовала их. Анализ при помощи представления параллельного алгоритма в виде графа «операции-операнды» [3] позволяет дать лишь некоторые оценки характеристик, однако не отвечает на вопрос об оптимальном размещении. Таким образом, встаёт задача о поиске метода, с помощью которого можно было бы эффективно решить «проблему отображения».

Зависимость времени выполнения от схемы использования ресурсов (конфигурации) установить в явном виде невозможно. Поэтому уместным является использование имитационного моделирования, которое позволит, изме-

няя изначальную конфигурацию модели, получить на выходе характеристики моделируемой программы.

Возможны два подхода к созданию имитационной модели. Первый основан на особенности программной модели *Graphplus*. Процессы в ней являются процессами диффузного типа, другими словами, управляющий алгоритм отделён от прикладного кода и используется в виде подключаемой библиотеки времени исполнения. Если воспользоваться специально написанным модулем, реализующим имитацию реальной работы и собирающим информацию для монитора моделирования, то, таким образом, имитационную модель можно органично вписать в существующую программу. Такая библиотека времени исполнения реализована для конвейерной схемы [4].

Второй подход заключается в реализации имитационной модели в инструментальном средстве или на языке программирования. Задача моделирования многопроцессорных систем не нова. Существуют две парадигмы: моделирования системы с общей памятью и моделирования обменивающихся сообщениями вычислительных ядер – и модели вычислительных систем разной степени детализации (*SRAM*, *LogP*) [5]. В предлагаемом автором методе используется упрощённая модель, которая, однако, показала себя адекватной в дальнейших экспериментах.

Объекты программной модели *Graphplus* – процессы, каналы связи, сообщения – очевидным образом становятся объектами имитационной модели. Входные параметры модели:

- относительная производительность каждого узла – отношение производительности текущего узла к производительности самого вычислительно слабого;
- время исполнения задачи на самом малопроизводительном узле, мкс;
- размер пересылаемых сообщений, байт;
- пропускная способность каждого канала связи, байт/мкс;
- средняя латентность каждого канала связи, мкс;
- количество моделируемых итераций, шт.

Монитор моделирования собирает информацию о загруженности каждого узла в каждый моделируемый момент времени.

Допущения модели:

- все вычислительные задачи, начав своё исполнение на каком-либо ресурсе, заканчивают исполняться на нём, т.е. отсутствует миграция запущенных задач;
- все вычислительные задачи имеют одинаковую сложность, т.е. время их исполнения на одном и том же ресурсе примерно одинаково;
- связи между процессами представляются прямыми линиями связи без учёта их физических особенностей, например, наличия коммутаторов;
- по каналам связи передаются только сообщения, т.е. накладные расходы на протокол передачи отсутствуют.

Допущение об одинаковой сложности задач может показаться слишком сильным, однако для рассматриваемой конвейерной схемы именно так и происходит на практике. Допущения, связанные с игнорированием физической структуры каналов связи и затрат на протокол, можно очевидным нивелировать заданием меньшей пропускной способности и большего размера сообщений.

Разработанная модель допускает задание алгоритмов балансировки (для этого их нужно реализовать в программном коде), однако в [6] показано, что статическая балансировка даёт приемлемый результат, поэтому в дальнейшем динамическая и комбинированная балансировки не использовались.

Для проверки адекватности разработанной модели были проведены несколько экспериментов, отличающихся начальной конфигурацией. Их суть состояла в сравнении измеренного реального времени выполнения программы с временем, полученным в результате моделирования. Выполняемой программой являлся численный алгоритм расчёта распространения плоской волны в волноводе, описанный в [7] и реализованный с использованием схемы *Pipeline*. Для большей достоверности время выполнения реальной программы измерялось в течение 30 запусков, и в качестве результата бралось среднее арифметическое полученных значений. Программа исполнялась в операционных системах (ОС) *Windows Vista SP2* и *Ubuntu 12* на компьютере с процессором *Intel Core 2 Duo T5750 @2.00GHz*, имеющим два ядра.

Результаты экспериментов приведены в таблице 1. *n* – количество процессов типа *Center*; $t_{реальн\ W}$ и $t_{реальн\ U}$ – среднее за 30 запусков время выполнения программы на ОС *Windows* и *Ubuntu* соответственно; $t_{им}$ – время выполнения, полученное моделированием; $t_{мод}$ – время моделирования. Конфигурация в эксперименте 1 – все процессы выполнялись на одном ядре; конфигурация в эксперименте 2 – процессы типа *Left* и *Right* выполнялись на одном ядре, а все процессы типа *Center* – на другом.

Таблица 1. Результаты проведения имитационного эксперимента

Эксперимент	n, шт.	$t_{реальн\ W}$, с	$t_{реальн\ U}$, с	$t_{им}$, с	$t_{мод}$, с
1	1	3,61	3,70	3,52	7,54
	3	4,70	4,86	4,11	10,25
2	1	2,17	2,34	2,06	9,98
	3	2,99	3,01	2,79	13,04

Согласно таблице 1, можно сделать вывод о том, что разработанная модель адекватно отображает реальный процесс. Следует также отметить, что с увеличением количества элементов в модели время моделирования заметно возрастает.

Моделирование позволяет получить прогноз времени исполнения при заданной конфигурации, однако не отвечает на вопрос о том, является ли эта конфигурация наилучшей с точки зрения итоговой производительности программы. Таким образом, встаёт оптимизационная задача минимизации целевой функции, представляющей собой зависимость времени выполнения программы

от конфигурации вычислительных ресурсов. Пусть имеется P процессов и R ресурсов. Вектор $K = (k_1, k_2, \dots k_P)$, где $k_i \in [1, 2, \dots R]$, будет начальной конфигурацией, а $T_{опт} = \min T(K)$ – минимизируемой функцией.

Анализ функции $T(K)$ не представляется возможным, поэтому поиск наилучшего решения может быть осуществлён полным перебором. Если число процессов мало, то такое решение осуществимо, однако с увеличением размерности время поиска растёт экспоненциально. Поэтому встаёт вопрос об использовании другого метода оптимизации.

Автор предлагает воспользоваться аппаратом генетических алгоритмов [8], хорошо зарекомендовавших себя в задачах оптимизации, в которых целевая функция и её структура априорно неизвестны.

Использована классическая схема генетического алгоритма:

1. сгенерировать популяцию;
2. вычислить значение целевой функции для каждой особи;
3. завершить работу, если достигнут критерий остановки;
4. выполнить селекцию;
5. выполнить скрещивание;
6. выполнить мутацию;
7. сформировать новую популяцию;
8. перейти к шагу 2.

Пространство всех векторов конфигурации образует пространство поиска решения, а каждый вектор кодирует особь. Параметрами алгоритма являются:

- число итераций;
- размер популяции;
- стратегия формирования новой популяции;
- функция селекции;
- функция скрещивания;
- функция мутации;
- функция кроссовера.

Критерием остановки поиска является достижения заданного числа итераций. Начальная популяция генерируется случайным образом: каждая компонента k_j векторов конфигурации принимает значение, полученное розыгрышем дискретной случайной величины, равномерно распределённой на интервале [1, R]. Функция селекции – целевая функция оптимизационного поиска $T(K)$.

От выбора функций скрещивания, мутации и кроссовера – операторов генетического алгоритма – зависит скорость и качество процесса выполнения поиска. Существует большое количество возможных операторов [8]. Для описываемой задачи применимыми оказались даже наиболее простые из них.

Система скрещивания – панмиксия: особи для скрещивания выбираются случайно с одинаковой вероятностью. Стратегия формирования новой популяции – элитная поколенческая репродукция: в новое поколение попадают N_r «наилучших» особей из родительского поколения; N_r принято равным ¼ от размера популяции. Функция мутации – точечная мутация: мутации подверга-

ется случайный ген, особь-мутант выбирается случайно с вероятностью p_m=0,05. Функция кроссовера – одноточечный кроссовер: из векторов K_i и K_b, являющихся геномами особей, образующих «брачную пару», формируются два генома потомков $K^1=(k_{i,1},\ldots, k_{i,r}, k_{b,r+1},\ldots, k_{b,P})$ и $K^2=(k_{b,1},\ldots, k_{b,r}, k_{i,r+1},\ldots, k_{i,P})$, где r – точка разрыва, выбираемая случайно.

Результаты сравнения времени работы переборного алгоритма с описанным генетическим алгоритмом приведены в таблице 2. Значения целевой функции, были рассчитаны заранее, поэтому время их вычисления не входит во время поиска решения. P – число процессов, R – количество вычислительных узлов, $t_{переб}$ – время работы алгоритма полного перебора, $n_{ит}$ – количество итераций генетического алгоритма, $t_{ген}$ – время работы генетического алгоритма. Расчёты выполнялись на компьютере с процессором *Intel Core 2 Duo T5750 @2.00GHz*.

Таблица 2. Сравнение алгоритма полного перебора и генетического алгоритма при использовании заранее рассчитанных значений целевой функции

P, шт.	R, шт.	$t_{переб}$, с	$n_{ит}$, шт.	$t_{ген}$, с
3	4	0,06	20	0,11
5	4	0,57	100	0,49
3	12	2,31	100 000	38,52
5	12	7,45	100 000	38,06

Таблица 2 подтверждает то, что генетические алгоритмы устойчивы к увеличению размерности задачи.

На первый взгляд может показаться странным выбор их в качестве метода решения с учётом того, что время выполнения переборного алгоритма получилось значительно меньше. Однако в действительности переборный алгоритм оказался лучше лишь потому, что значения целевой функции были рассчитаны заранее и фактически переборный алгоритм превратился в алгоритм поиска минимального элемента в наборе данных.

В процессе его выполнения целевая функция должна быть рассчитана P^R раз. Т.к. этот расчёт представляет собой процесс моделирования, описанный выше, то время работы алгоритма значительно возрастает при отсутствии заранее рассчитанных значений. Это иллюстрирует таблица 3, в которой приведены данные эксперимента, в котором каждое запрашиваемое значение целевой функции, если оно не было уже рассчитано, вычислялось в результате нового процесса моделирования.

Таблица 3. Сравнение алгоритма полного перебора и генетического алгоритма без использования заранее рассчитанных значений целевой функции

P, шт.	R, шт.	$t_{переб}$, с	$n_{ит}$, шт.	$t_{ген}$, с
3	4	267	20	613
3	5	978	100	2523
5	4	2002	100	2536
5	5	9399	100	2538

Таким образом, предложенный метод анализа временных характеристик «темлетов» для решения «задачи отображения», состоящий в совместном использовании имитационного моделирования для получения оценки времени выполнения и генетического алгоритма для решения оптимизационной задачи поиска конфигурации, обеспечивающей наименьшее время выполнения, прошёл экспериментальную проверку на примере шаблона *Pipeline*. Он применим в случаях большого числа элементов в схеме и позволяет получить решение за приемлемое врем.

Литература

1. Востокин, С.В. Программный комплекс параллельного программирования Graphplus templet/ С.В. Востокин, А.Р. Хайрутдинов, В.Г. Литвинов // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физ.-мат. науки. – 2011. – №4 (25). – С. 146–153.

2. Востокин, С.В. Применение комплекса параллельного программирования Graphplus templet в моделировании / С.В. Востокин, В.Г. Литвинов, А.Р. Хайрутдинов // Программные продукты и системы. – 2012. – №3 (99). – С. 12–16.

3. Гергель, В.П. Теория и практика параллельных вычислений: учеб. пособие/ В.П. Гергель. – М.: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 423 с.

4. Востокин, С.В. Имитационная модель параллельных вычислений в парадигме конвейер / С.В. Востокин, А.Р. Хайрутдинов // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Рег. № 2014613431 от 26 марта 2014 г.

5. Sinnen, O. Task Scheduling for Parallel Systems / O. Sinnen. – New Jersey: John Wiley & Sons, 2007. – 296 pp.

6. Хайрутдинов, А.Р. Исследование алгоритмов балансировки методом дискретно-событийного моделирования / А.Р. Хайрутдинов, С.В. Востокин // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). – 2011. – №6 (30). – С. 283–288

7. Головашкин, Д.Л. Анализ прохождения электромагнитного излучения через дифракционную линзу / Д.Л. Головашкин, В.А. Сойфер // Автометрия. – 1999. – №5. – С. 119–121.

8. Батищев, Д.И. Применение генетических алгоритмов к решению задач дискретной оптимизации. Учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Информационные технологии и компьютерное моделирование в прикладной математике» / Д.И. Батищев, Е.А. Неймарк, Н.В. Старостин. – Нижний Новгород, 2007. – 88 с.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

И.Г. Богданова, С.В. Михеев, Д.А. Михайлов

УЧЁТ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Ежегодный прирост автомобильного парка России составляет 1,5-2 миллиона автомобилей, что значительно опережает темпы дорожного строительства. Как следствие, недостаточная площадь автомобильных дорог приводит к приближению показателей транспортного потока к критическим значениям и к образованию заторов. Эффективным решением транспортных проблем является грамотная организация дорожного движения. Для оптимизации и упрощения решения транспортных задач разрабатываются и внедряются интеллектуальные транспортные системы (ИТС).

При проектировании интеллектуальной системы управления транспортными потоками возникает ряд проблем, вызванных уникальным характером дорожного движения. Таким образом, при создании алгоритмов управления дорожным движением, необходимо сначала понять природу и харахтеристики транспортного потока, а затем протестировать поведение системы после введения различных управляющих воздействий.

Поведение транспортного потока изменчиво и зависит от сочетания многих факторов. Кроме постоянных технических факторов (транспортные средства и сама дорога), влияние на него оказывают непредсказуемое поведение водителей и пешеходов, а также состояние окружающей среды.

Все эти факторы влияют на основные характеристики транспортного потока – интенсивность (I), плотность (k) и скорость(V).

Интенсивность транспортного потока определяется как число транспортных средств, проезжающих через сечение дороги в единицу времени; плотность потока – как количество транспортных средств на единицу длины дороги.

Эти характеристики связаны следующим уравнением:

$$V_{(t,x)} = \frac{I_{(t,x)}}{k_{(t,x)}},$$

где $V_{(t,x)}$ – средняя скорость транспортного потока,

$I_{(t,x)}$ – интенсивность транспортного потока,

$k_{(t,x)}$ – плотность транспортного потока.

Графическое отображение уравнения представляет собой основную диаграмму транспортного потока, построенную в виде зависимостей $V_s = f(k)$ и

$I = f(k)$ для непрерывного транспортного потока, движущегося по дороге без пересечений.

При изучении и моделировании организации дорожного движения в описании транспортных потоков часто используются математические методы. Необходимость внедрения математического моделирования в исследование транспортных потоков обусловлена изучением и обоснованием пропускной способности магистралей и их пересечений.

Наиболее известны и применяемы в организации дорожного движения две группы математических моделей – детерминированные и стохастические.

К детерминированным относятся модели, основывающиеся на функциональной зависимости отдельных показателей, при этом все факторы, оказывающие действие на развитие дорожной ситуации, определены и их значения известны на момент принятия решения. Стохастические модели отличаются большей эффективностью, так как рассматривают транспортный поток как случайный, вероятностный процесс.

Неустойчивость транспортного потока в области пропускной способности приводит к разрывам в значениях его характеристик. Многими исследователями установлено, что при приближении к значению пропускной способности увеличивается вероятность резкого снижения интенсивности и скорости движения.

Случайное колебание количества транспортных средств и неустойчивость движения транспортного потока в зоне пропускной способности приводит к возникновению точки бифуркации.

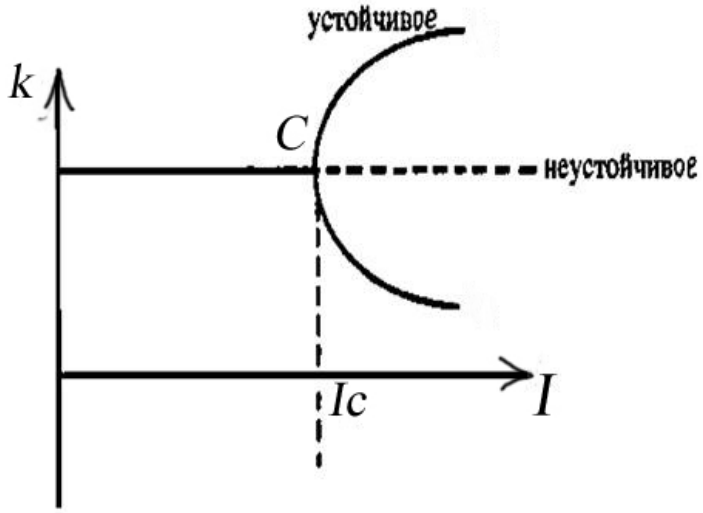


Рис. 1. Точка бифуркации транспортного потока

Точка «С» (рис.1) – точка бифуркации транспортного потока — критическое состояние системы, при котором система становится неустойчивой относительно даже самых микроскопических воздействий и возникает неопределенность: станет ли состояние системы хаотическим или она перейдет на новый, более высокий уровень упорядоченности. Точка бифуркации носит кратковременный характер и разделяет более длительные устойчивые режимы системы.

На состояние транспортного потока в этой точке могут оказать влияние такие факторы, как:

– погодные условия;
– время суток;
– состояние дорожного покрытия;
– проведение дорожно-ремонтных работ;
– геометрические параметры дорожного полотна;
– поломка автомобиля в потоке;
– смена светофорного цикла;
– изменение состава потока (появление крупногабаритного транспортного средства);
– поведение водителей транспортных средств;
– нарушение правил дорожного движения;
– многие другие, даже, на первый взгляд, незначительные факторы.

В зависимости от этих факторов дальнейшее развитие ситуации может пойти по двум сценариям:

1) вернуться в состояние свободного потока;
2) перейти в состояние затора, когда интенсивность транспортного потока станет равна нулю.

Для минимизации негативных последствий от всех вышеперечисленных факторов и улучшения транспортной ситуации разрабатываются и внедряются ИТС – комплексы интегрированных средств управления транспортной инфраструктурой мегаполиса (улично-дорожной сетью, техническими средствами организации дорожного движения, транспортными потоками). Эти комплексы разрабатываются на основе современных информационных технологий, регулирующих транспортный поток в реальном режиме времени.

ИТС могут проводить непрерывный контроль потока транспорта, управлять дорожным движением и позволяют перераспределять транспортные потоки по сети.

Основной функцией ИТС является координированное управление дорожным движением, что дает возможность уменьшить время в пути, понизить вредное влияние транспортных средств (ТС) на экологическую среду, поднять уровень безопасности на дорогах.

Одной из основных составляющих ИТС является геоинформационная система (ГИС) автомобильных дорог, которая предназначена для ведения всей технической и эксплуатационной информации по сети автомобильных дорог в электронном виде.

Специально для хранения, обработки и визуализации данных об интенсивности – одного из важнейших показателей транспортного потока – создана система «ITSGIS. Интенсивность транспортных потоков» Система является подсистемой интеллектуальной транспортной системы (ИТС) и может использоваться в качестве отдельного программного модуля ИТС или как самостоятельный продукт.

Ввод и хранение информации о характеристиках улично-дорожной сети (УДС), интенсивности транспортных потоков и видах транспортных средств обеспечивается одним из элементов ИТС – базой данных. В базе данных хранятся также пространственно-временные характеристики, так как интенсивность зависит не только от географического месторасположения «точки сбора», но и от времени суток, дня недели, месяца, года, погодных условий. Для учета временных характеристик в базе создана сущность Измерение_интенсивности. Каждое измерение интенсивности уникально и идентифицируется датой, временем и местоположением измерения.

Для занесения информации в базу данных система предлагает инструмент ввода с выбором необходимого параметра из нижеперечисленных:

- тип транспортного средства;
- количество транспортных единиц;
- участок УДС, на котором производился сбор данных;
- время сбора данных

Также системой предусмотрена возможность импорта данных из других форматов, например из файлов MS Excel. Кроме того, обеспечен экспорт данных в различные подсистемы:

- для прогнозирования будущей интенсивности;
- роста аварийности;
- локального управления транспортными потоками на перекрестке;
- построения оптимальной структуры светофорного цикла.

Система «ITSGIS. Интенсивность транспортных потоков» позволяет осуществлять вывод данных об интенсивности и отображение их на карте разными способами:

- в виде точки с привязкой к ней числового значения интенсивности и даты измерения;
- в виде точки с привязкой к ней числового значения интенсивности и даты измерения;
- в виде линий различной толщины в зависимости от значения интенсивности;
- в виде точки или линии различными цветами в соответствии с градацией цвета по величине значения интенсивности;
- комбинированным способом, при котором величина интенсивности влияет как на цвет, так и на толщину символов.

В 2009-2014 г. студентами СГАУ была собрана и обработана информация об интенсивности транспортных потоков более чем на 100 перекрестках города Самары.

Полученные данные позволяют осуществить анализ изменения состояния модели улично-дорожной сети на основе сравнения с данными прошлых периодов.

О.К. Головнин, О.Н. Сапрыкин, Т.И. Михеева

ПАТТЕРНЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННО-КООРДИНИРОВАННЫХ ДАННЫХ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

В основе системы хранения графической части пространственной информации и модуля визуализации геоинформационной системы (ГИС) находится модель (представление) пространственно-координированных данных – способ цифрового описания пространственных объектов, тип структуры пространственных данных.

Разрабатываемая транспортная ГИС «ITSGIS» ориентирована на работу с векторным представлением пространственных данных. Эффективная визуализация векторных данных осложнена необходимостью применения цветовых схем к отдельным пространственным объектам на различных масштабах визуализации. Усовершенствование качества визуализации векторных данных в «ITSGIS» достигнуто за счет применения механизма паттернов. Для описания паттернов используются принципы, изложенные в [1].

Паттерн «Расходящаяся цветовая схема»

N = Расходящаяся цветовая схема.

G = Необходимость визуализации ряда данных, имеющих некое «центральное» значение. В таком ряду важно расположение данных относительно центрального значения. Центральным может выступать нулевое, среднее или медианное значение.

S = Отображать расходящиеся данные с помощью расходящейся двусторонней цветовой гаммы. Цветовая схема должна использовать интенсивность цвета для указания значения отображаемой величины и оттенок цвета для знака величины. В случаях, когда знак не является значимым, использовать схему в оттенках одного цвета. Брюэр выделил следующие эффективные цветовые схемы [2]: красный / синий, оранжевый / синий, оранжевый / фиолетовый, желтый / фиолетовый, коричневый / синий, желтый / голубой.

R = Возрастает репрезентативность отображения пространственных данных.

В классических задачах картографии паттерн применяется, например, для отображения температуры воздуха. За центральное значение принимается 0°*C*. Красные цвета обозначают температуру воздуха выше центрального значения, синие цвета – ниже центрального значения. Цветовые схемы в оттенках одного цвета применяются, например, для отображения глубин в океане.

В «ITSGIS» паттерн используется для отображения интенсивности дорожного движения. За центральное значение интенсивности дорожного движения принимается пропускная способность участка улично-дорожной сети. Значения интенсивности, превышающие центральное значение, отображаются оттенками красного цвета, значения меньше центрального – оттенками зеленого.

Использование нестандартной для ГИС цветовой схемы обусловлено спецификой предметной области и следующими аналогиями: зеленый сигнал светофора разрешает движение – низкая интенсивность позволит свободно проехать участок улично-дорожной сети, красный сигнал светофора запрещает движение – высокое значение интенсивности не позволит проехать данный участок без вынужденных остановок.

Паттерн «Последовательная цветовая схема»

N = Последовательная цветовая схема.

G = Необходимость визуализации массивов пространственных данных, включающих диапазоны значений без выделения «центрального» значения.

S = Отображать последовательные данные, используя последовательность шагов яркости с одним оттенком цвета. Лайт и Бартлейн не рекомендуют использовать спектральные цветовые схемы, оттенки желтого и желто-зеленого цветов для визуализации последовательных данных [3].

R = Возрастает репрезентативность отображения пространственных данных.

В классических задачах картографии паттерн применяется, например, для отображения населенности регионов. В «ITSGIS» с использованием данного паттерна решаются задачи отображения числа жителей и количества автомобилей на единицу населения в транспортных районах.

Паттерн «Зависимое от точности данных отображение»

N = Зависимое от точности данных отображение.

G = Необходимость визуализации данных различной точности без искажений. Пространственно-координированные данные в ГИС получены с определенным разрешением различными методами: путём проведения измерений, расчетов, моделирований и др. Многие методы визуализации используют интерполяцию, но разрешение данных является важной характеристикой и не должно быть искажено. Одновременное отображение данных, полученных с высоким и низким разрешением, может скрыть важные ограничения или характер базовой модели.

S = Визуализация должна зависеть от текущего масштаба отображения карты. Эффективное разрешение карты различно для каждого масштаба отображения. Необходимо отображать пиксели изображения карты как можно точнее, без сглаживания. Если эффективного разрешения карты недостаточно для точной визуализации, необходимо применять альтернативное картографическое представление, например, точечные символы, упрощенные объекты. Отображение должно ясно обозначать нулевые или недостающие значения, используя черный, белый или нейтральный цвет.

R = Возрастает точность отображения пространственных данных.

В «ITSGIS» данный паттерн лежит в основе модуля визуализации. Все слои электронной карты, как составляющие картографическую основу, так и специальные, содержащие информацию об объектах транспортной инфраструктуры, отображаются точно и без искажения только на тех масштабах, когда разрешение данных достаточно. При увеличении масштаба отображения (при-

ближении) данные отображаются точечными символами или надписями, при уменьшении масштаба (отдалении) данные отображаются упрощенными объектами, создаваемыми по алгоритму, описанному в [4].

Паттерн «Различия в данных»

N = Различия в данных.

G = Необходимость визуализации полученных при различных условиях однотипных данных в одной области карты. Вместо сравнения двух изображений визуально, необходимо сформировать одно изображение, соответствующее различию в данных. В зависимости от распределения данных, рассчитанные различия между двумя наборами данных могут оказаться более полезными, чем два набора данных сами по себе.

Наиболее востребованы различия между:

– двумя крайними значениями;
– данными и центральным значением;
– данными измерений и данными, полученными в результате моделирования.

S = Визуализировать различия в данных в относительных или абсолютных значениях. Отображение различий осуществлять в соответствии с паттернами «Расходящаяся цветовая схема» и «Последовательная цветовая схема».

R = Возрастает скорость сравнительного визуального анализа данных, отображается больше информации в меньшем пространстве.

В «ITSGIS» применение данного паттерна позволяет изучать изменение интенсивности дорожного движения, выявлять технические средства организации дорожного движения, которые необходимо установить на улично-дорожную сеть.

Применение паттернов визуализации пространственно-координированных данных в транспортной ГИС «ITSGIS» позволило увеличить репрезентативность и точность визуализации, снизить количество ошибок интерпретации отображаемых данных, увеличить скорость выполнения анализа данных.

Литература

1. Михеева Т.И., Головнин О.К. Паттерны поддержки принятия решений по дислокации технических средств организации дорожного движения // Перспективные информационные технологии (ПИТ 2013): труды Междунар. науч.-технич. конф.. – Самара: Изд-во Самарского науч. центра РАН, 2013. –С. 267-272.

2. Brewer C. A. Guidelines for selecting colors for diverging schemes on maps // The Cartographic Journal. – 1996. – Т. 33. – №. 2. – С. 79-86.

3. Light A., Bartlein P. J. The end of the rainbow? Color schemes for improved data graphics // Eos, Transactions American Geophysical Union. – 2004. – Т. 85. – №. 40. – С. 385-391.

4. Douglas D. H., Peucker T. K. Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature // Cartographica: The In-

ternational Journal for Geographic Information and Geovisualization. – 1973. – Т. 10. – №. 2. – С. 112-122.

А.А. Губайдуллина, В.В. Мокшин

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МОБИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

(Казанский национальный исследовательский
технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ)

В настоящее время компьютеризация в нашем обществе очень быстрыми темпами и играет огромную роль в жизни человека. При помощи компьютерных технологий автоматизируется широкий круг процессов, которые в недалеком прошлом возлагались на человека. Информационные технологии используются повсюду: в промышленности, в транспорте, в быту и пр.

Проблема заключается в том, что существующие системы слежения требуют участия операторов для обработки видеопотока, и это требует огромных человеческих ресурсов. Автоматизация данного процесса позволяет сократить время обработки видеопотока. Также это способствует повышению производительности, так как время на обработку и идентификации потребуется меньшее количество времени, и за такой же срок будет обработано больший видеопоток.

Решение проблемы идентификации автомобиля по регистрационному номерному знаку является важным аспектом безопасности и контроля. Использовать такой продукт можно в различных сферах применения, касающихся автотранспорта. Примером могут служить автотранспортные предприятия, заправочные станции, контроль скорости движения, автомобильные стоянки, контроль въезда на территорию предприятия и т.п.

В настоящее время существует не так много систем определения номерных знаков, не все из которых являются по-настоящему качественной продукцией. Однако, параллельно с написанием алгоритмов, разрабатываются аппаратные средства именно для этих целей. Системы, обладающие высоким быстродействием и точностью распознавания, как правило, очень дороги. Высокая стоимость существующих продуктов не позволяет осуществить их массовое внедрение.

Задачу идентификации автомобиля можно условно разделить на две подзадачи: локализация номерной пластины и распознавание символов. Данная работа посвящена разработке и реализации алгоритма распознавания номерного знака. В общем случае распознавание реализуется в три этапа: предварительная обработка изображения, сегментация, собственно распознавание символов.

Предварительная обработка изображения заключается в выделении номерной пластины и обработке полученного изображения различными фильтрами с целью улучшения качества. На этапе сегментации выделяются символы, которые затем распознаются каким-либо методом.

Так как, задача состоит в распознавании регистрационного номера автомобиля. Мы имеем дело текстом. Любой текст имеет первичное свойство − шрифт, которым он напечатан. С этой точки зрения существуют два подходы к распознаванию печатного текста: шрифтовой и безшрифтовый. Шрифтовые или шрифтозависимые алгоритмы используют априорную информацию о шрифте, которым напечатаны буквы. Это означает, что программе распознавания должна быть предъявлена полноценная выборка текста, напечатанного данным шрифтом. Программа измеряет и анализирует различные характеристики шрифта и заносит их в свою базу эталонных характеристик.

Объектом исследования работы является интеллектуальная программная система идентификации мобильных объектов

Предметом исследования является улучшение качества навигации мобильных объектов, а так же снижение риска потери объекта слежения.

Целью работы является повышение возможностей навигации мобильных объектов путем автоматизации процесса захвата объекта и его дальнейшего сопровождения, исследование, разработка методов, алгоритмов и программ распознавания знаков, символов, цифр и букв, обеспечивающих анализ и обработку информации на изображении.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ существующих методов распознавания изображений и работа с изображениями.
2. Анализ предметной области, выбор метода.
3. Разработка алгоритма распознавания мобильного объекта.
4. Экспериментальное обоснование алгоритмов, предложенных в теории.
5. Работа с шрифтами.

Алгоритм распознавания номерного знака состоит из следующих этапов:

1. Предварительная обработка изображения.
2. Сегментация.
3. Распознавание.

На вход алгоритма подается цветное изображение номерной пластины.

Предложены методы распознавания, захвата и дальнейшего слежение за мобильными объектами позволяющие повысить точность систем навигации мобильных объектов.

1. В результате применения интеллектуальной системы навигации мобильных объектов отпадает необходимость наличия оператора в данных системах.
2. Создаются условия для повышения интеллектуального уровня идентификации мобильных объектов.

Разработана методика повышения точности навигации мобильных объектов. Использование данной методики позволит получать более точные результаты со значительно меньшими затратами.

Эксперимент с использованием реальных данных полностью подтвердил логические выводы.

Литература

1. Прэтт У. Цифровая обработка изображений. Пер с англ. – М.: Мир, 1982 – Т.1,2
2. Уоссермен Ф. Нейрокомпьютерная техника. – М.: Мир, 1992.-182 с.

В.А. Ключников, О.К. Головнин, А.В. Сидоров

КОНВЕРТАЦИЯ ДАННЫХ О ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ ИЗ «ITSGIS» В «AUTOCAD»

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Высокая интенсивность движения транспортных средств приводит к ухудшению условий движения и росту аварийности на улично-дорожной сети.

Организация дорожного движения (ОДД) – деятельность по обеспечению условий для безопасного и бесперебойного дорожного движения, включающая в себя организационно-правовые и организационно-технические мероприятия, а также распорядительные действия по управлению и регулированию дорожного движения;

Одним из видов ОДД является разработка проектов ОДД. Целью разработки проектов ОДД является оптимизация методов организации дорожного движения на автомобильной дороге или отдельных ее участках для повышения пропускной способности и безопасности движения транспортных средств и пешеходов.

Проект организации дорожного движения должен содержать:

- титульный лист;
- введение;
- схемы расстановки технических средств организации дорожного движения (ТС ОДД);
- эскизы знаков индивидуального проектирования;
- схемы расстановки оборудования на светофорных объектах;
- ведомость размещения средств организации дорожного движения;
- ведомость устройства электроосвещения, автобусных остановок, пешеходных дорожек и пешеходных переходов в разных уровнях.

Схема расстановки технических средств организации дорожного движения должна включать в себя:

- контуры плана (в бровках) автомобильной дороги;
- график продольных уклонов;
- график кривых в плане;
- линии дорожной разметки;
- дорожные знаки;
- дорожные ограждения;
- пешеходные ограждения;

– направляющие устройства;
– дорожные светофоры;
– пешеходные переходы в разных уровнях;
– освещение;
– автобусные остановки;
– пешеходные дорожки;
– железнодорожные переезды;
– искусственные сооружения;
– проектируемые и существующие здания и сооружения дорожного и автотранспортного назначения (без координационных осей).

Разработанный программный модуль «L'exportation à Autocad» расширяет функциональность системы «Модуль учета геометрических параметров проезжей части», реализует следующие функции:

1) выполнение разграничений прав доступа (администратор, редактор, читатель);
2) выбор начального и конечного линейного адреса для формирования схем организации дорожного движения;
3) выбор видео файлов и GPS треков, по которым будет разрабатываться проект ОДД;
4) разделение геовидеомаршрута на километры с учетом начального и конечного линейных адресов;
5) создание проекта ОДД в формате программы «AutoCAD» с возможностью выбора элементов, включенных в состав проекта (элементы дороги в плане, элементы дороги в продольном профиле, ТС ОДД);
6) функции работы с базой данных:
   – добавление, удаление и редактирование пользователей;
   – добавление, удаление и редактирование данных о ТС ОДД с привязкой к линейному адресу дороги;

Программный модуль хранит информацию об установленных ТС ОДД. Логическая модель данных представлена на рисунке 1. Система позволяет добавлять, редактировать и удалять следующие виды ТС ОДД:

– дорожные знаки;
– дорожную разметку;
– сигнальные столбики.

Экранная форма ведомости размещения дорожных знаков изображена на рисунке 2. Экранная форма ведомости объемов горизонтальной разметки показана на рисунке 3. Экранные формы добавления/редактирования ТС ОДД представлены на рисунке 4.

Модуль в указанной директории создает дерево каталогов в соответствии с деревом проекта, все видео файлы и GPS треки одного направления объединяются в один проект ОДД в виде файла DXF - открытого формата файлов для обмена графической информацией между приложениями, созданного фирмой Autodesk для системы «AutoCAD».

Система предназначена для автоматизации создания проектов ОДД, она экспортирует элементы дороги в плане, элементы дороги в продольном профиле, дорожные знаки и дорожную разметку из системы «Модуль учета геометрических параметров проезжей части» в файлы системы автоматизированного проектирования «AutoCAD».

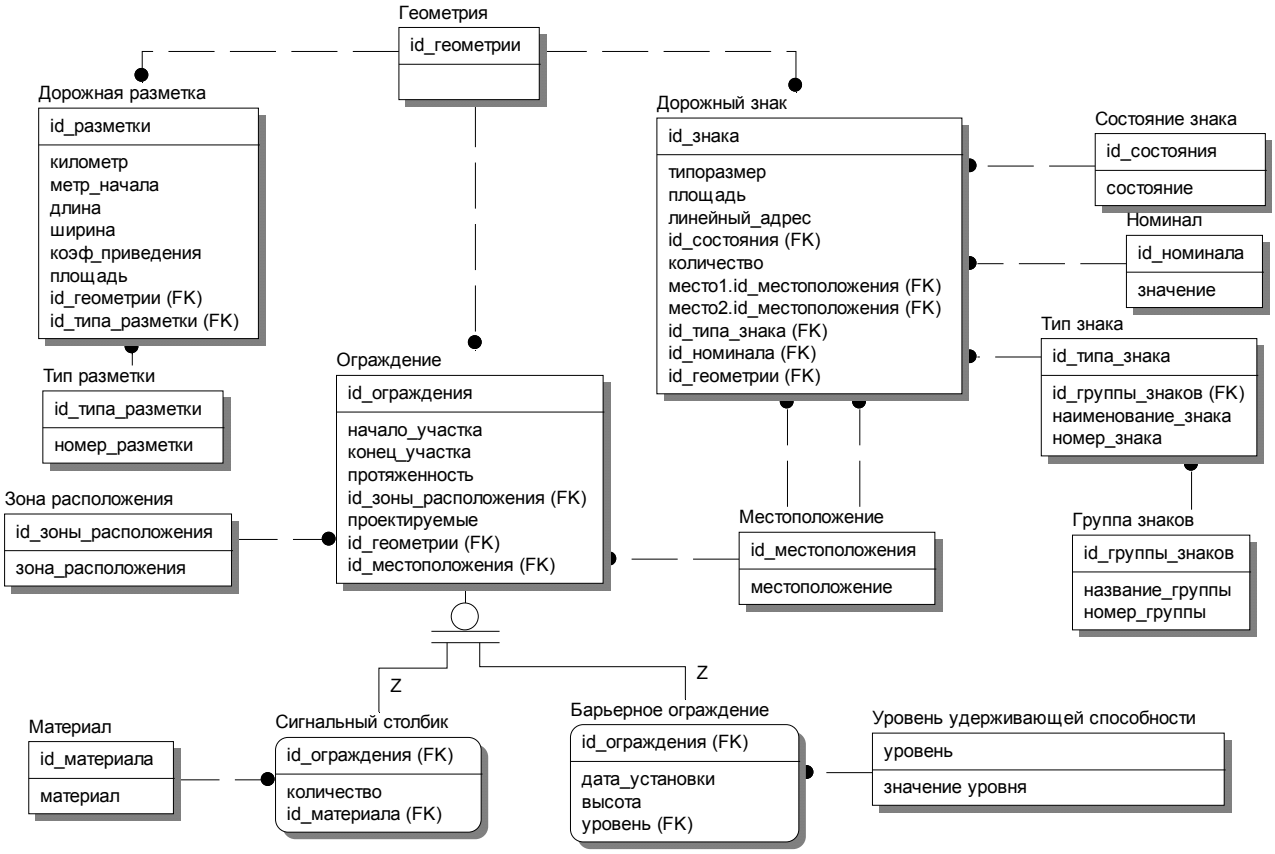


Рис. 1. Логическая модель данных

Ведомость размещения дорожных знаков

Добавить Редактировать Удалить

ID	№ знака	Наимен. знака	Типоразмер	Площадь	Адрес	Состояние	Кол-во	Местоположение	Местоположение	Относится к
59	3.24	Ограничение максимальной ск...	2	0	2737	требуется	1	Слева		0
60	8.13	Направление главной дороги	2	0	3000	требуется	1	Слева		0
61	2.1	Главная дорога	2	0	3000	требуется	1	Слева		0
62	6.10.1	Указатель направлений	2	0	2378	требуется	1	Слева		0
63	5.24.1	Конец населенного пункта	2	0	2474	требуется	1	Слева		0
64	5.23.1	Начало населенного пункта	2	0	2474	требуется	1	Слева		0
65	3.20	Обгон запрещен	2	0	2824	требуется	1	Слева		0
66	6.10.1	Указатель направлений	2	0	2312	установлен	1	Справа		0
67	2.1	Главная дорога	2	0	2358	требуется	1	Справа		0
68	6.10.1	Указатель направлений	2	0	2435	демонтировать	1	Справа		0

Количество установленных объектов: 98

Рис. 2. Ведомость дорожных знаков

Сводная ведомость объемов горизонтальной разметки

Добавить Редактировать Удалить

ID	№ км	Метр начала	Номер	Коэф. привед.	Длина	Ширина	Площадь	Местоположение
64	3	200	1.1	1	521	0,15	78,15	Осевая линия
65	3	200	1.2.1	1	521	0,15	78,15	1-я справа от осевой
66	3	721	1.6	0,75	100	0,15	11,25	Осевая линия
67	3	821	1.5	0,25	99	0,15	3,7125	Осевая линия
68	3	739	1.2.1	1	261	0,15	39,15	1-я справа от осевой
69	3	920	1.6	0,75	80	0,15	9	Осевая линия
70	4	0	1.6	0,75	20	0,15	2,25	Осевая линия
71	4	0	1.2.1	1	57	0,15	8,55	1-я справа от осевой
72	4	20	1.1	1	37	0,15	5,55	Осевая линия
73	4	0	1.2.1	1	97	0,15	14,55	1-я слева от осевой

Количество установленных объектов: 75

Рис. 3. Ведомость горизонтальной разметки

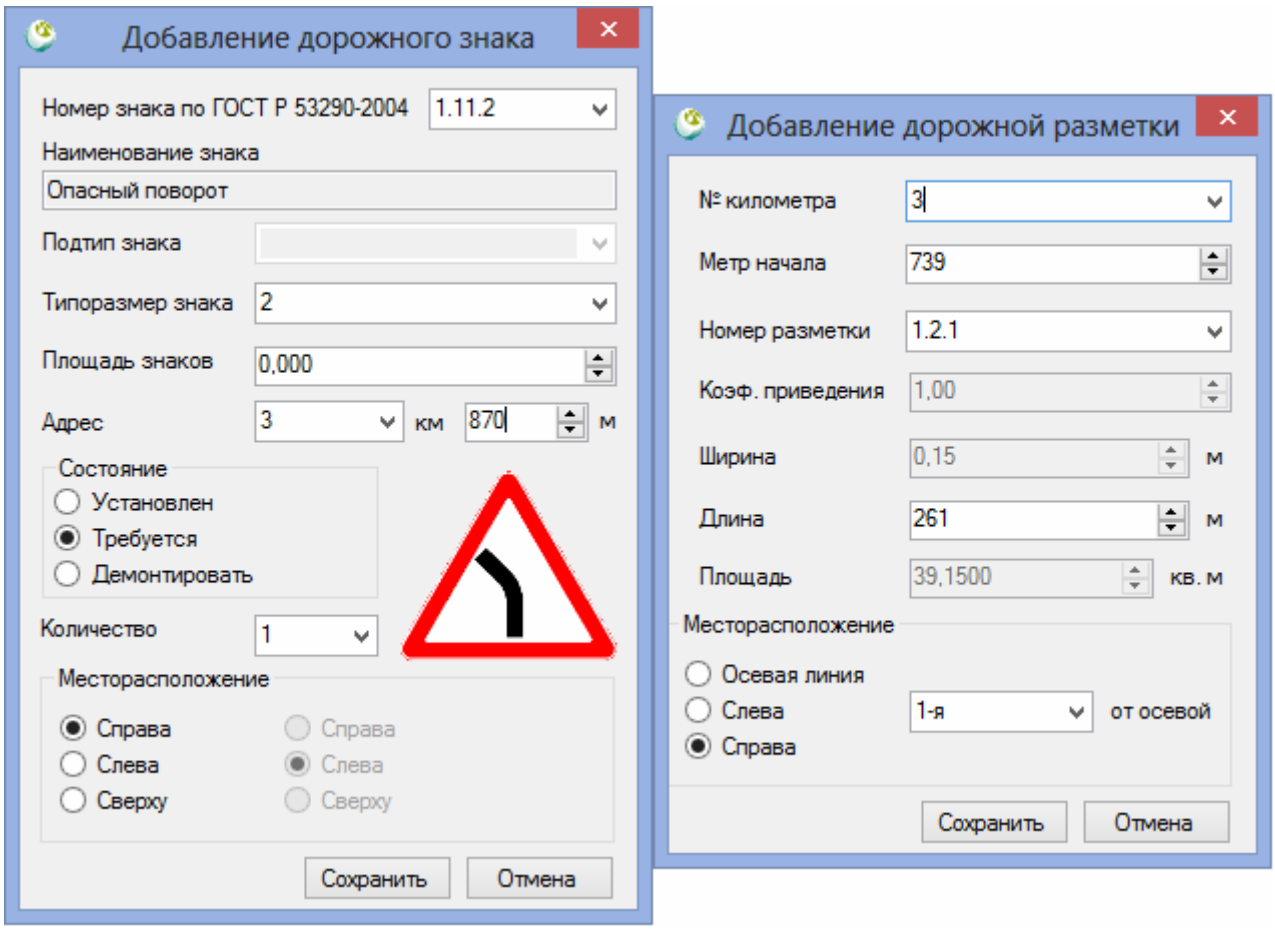


Рис. 4. Формы добавления/редактирования ТС ОДД

Литература

1. Михеева, Т.И. Использование принципов объектно-ориентированного проектирования интеллектуальной транспортной системы // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Серия «Физико-математические науки» №34. Самара: СамГТУ, 2004. С.141-149.

2. Михеева Т.И., Сидоров А.В., Головнин О.К. Информационная технология автоматической дислокации геообъектов транспортной

инфраструктуры на улично-дорожной сети // Перспективные информационные технологии: материалы международной научно-технической конференции. – Самара, 2013. – С.236-241.

3. Головнин О.К. Гибридная информационно-аналитическая система обработки разнородных данных о дороге / Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов, г. Рязань, 13-15 ноября 2013 года. – Рязань: РГРТУ, 2013. – С. 236-237.

В.Ю. Кривопалов

МЕТОД СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО УГЛА ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ ДОПУСТИМОГО РЕШЕНИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ С ПРОМЕЖУТОЧНЫМИ ПУНКТАМИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Транспортная задача с промежуточными пунктами в [2] имеет оригинальную постановку и решение. В [2] предложена эквивалентная задача и обобщение итераций метода потенциалов для решения этой задачи. Но в [2] предполагалось наличие начального допустимого решения задачи, поэтому задача решалась частично. Таким образом, существует необходимость разработки метода нахождения допустимого решения транспортной задачи с промежуточными пунктами.

1 Постановка транспортной задачи с промежуточными пунктами (ТЗПП)

В экономической транспортной системе имеются n конечных пунктов (np поставщиков продукции и $n-np$ потребителей продукции) и m промежуточных пунктов (складов). Продукция перевозится от поставщиков на склады, будем обозначать эти перевозки положительными переменными $x_{ij} \geq 0$, ($i=\overline{1,m}, j=\overline{1,np}$). А со складов часть продукции перевозится потребителям - их обозначим отрицательными переменными $x_{ij} \leq 0$, ($i=\overline{1,m}, j=\overline{np+1,n}$). Объёмы поставок поставщиков обозначим положительными числами $b_j > 0$, ($j=\overline{1,np}$), объёмы потребностей потребителей обозначим отрицательными числами $b_j < 0$, ($j=\overline{np+1,n}$). Если склад имеет дополнительные (внутренние) потребности продукции, то обозначим их положительными числами $a_i > 0$, ($i=\overline{1,mp}$). Если склад имеет излишки продукции, то обозначим их отрицательными числами $a_i \leq 0$, ($i=\overline{mp+1,m}$). Транспортные тарифы на перевозку единицы продукции от поставщика на склад выразим положительными числами $c_{ij} > 0$, ($i=\overline{1,m}, j=\overline{1,np}$), транспортные тарифы на перевозку со склада к потребителю выразим отрицательными числами $c_{ij} < 0$, ($i=\overline{1,m}, j=\overline{np+1,n}$).

Тогда математическая модель ТЗПП принимает вид:

$$L(X)=\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n}c_{ij}x_{ij}\to\min$$

$$\begin{cases}\sum_{j=1}^{n}x_{ij}=a_i, i=\overline{1,m}\\ \sum_{i=1}^{m}x_{ij}=b_j, j=\overline{1,n}\\ x_{ij}\ge 0, i=\overline{1,m}, j=\overline{1,np}\\ x_{ij}\le 0, i=\overline{1,m}, j=\overline{np+1,n}\end{cases}.$$

Транспортную задачу с промежуточными пунктами представим в виде транспортной таблицы 1.

Таблица 1

Склады	Поставщики				Потребители				a_i
	B_1	B_2	…	B_{np}	B_{np+1}	B_{np+2}	…	B_n	
A_1	c_{11} x_{11}	c_{12} x_{12}	…	c_{1np} x_{1np}	c_{1np+1} x_{1np+1}	c_{1np+2} x_{1np+2}	…	c_{1n} x_{1n}	a_1
A_2	c_{21} x_{21}	c_{22} x_{22}	…	c_{2np} x_{2np}	c_{2np+1} x_{2np+1}	c_{2np+2} x_{2np+2}	…	c_{2n} x_{2n}	a_2
…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
A_m	c_{m1} x_{m1}	c_{m2} x_{m2}	…	$c_{m\,np}$ $x_{m\,np}$	$c_{m\,np+1}$ $x_{m\,np+1}$	$c_{m\,np+2}$ $x_{m\,np+2}$	…	$c_{m\,n}$ $x_{m\,n}$	a_m
b_j	b_1	b_2	…	b_{np}	b_{np+1}	b_{np+2}	…	b_n	

2 Метод северо-западного угла для ТЗПП

Метод северо-западного угла для нахождения допустимого решения транспортной задачи с промежуточными пунктами аналогичен одноимённому методу для транспортной задачи в [1] и состоит в последовательном назначении перевозок для клеток транспортной таблицы, находящихся в верхних (северных) строках и в левых (западных) столбцах. Процесс заполнения клеток (распределения перевозок) для ТЗПП осуществляется в три этапа и продолжается до тех пор пока у поставщиков имеются нераспределённые положительные остатки или у потребителей имеются неудовлетворённые отрицательные потребности.

Этап I. Сначала удовлетворяем дополнительные потребности складов, т.е. назначаем соответствующие положительные перевозки.

Этап II. Затем распределяем остатки грузов от поставщиков на последний используемый склад, т.е. начиная с последней заполненной строки.

Этап III. Наконец, удовлетворяем потребности потребителей, т.е. назначаем соответствующие отрицательные перевозки.

3 Алгоритм метода северо-западного угла для ТЗПП

Входные данные: m; n; mp; np; $A_{m\times 1} = \|a_i\|_{m\times 1}$; $B_{n\times 1} = \|b_j\|_{n\times 1}$.

Начало алгоритма.

1. Выбираем в транспортной таблице клетку (северо-западный угол) $СЗУ(i,j)$ для поставщика с положительным остатком $b_j > 0$ и склада с оставшейся положительной дополнительной потребностью $a_i > 0$. Если такой клетки в таблице нет, то переходим к пункту 3.
2. Определяем минимум $x_{ij} = \min\limits_{a_{i\le mp}>0 \wedge b_{j\le np}>0} \{a_i; b_j\}$ (т.е. назначаем соответствующую положительную перевозку). Пересчитываем остатки $a_i = a_i - x_{ij}$, $b_j = b_j - x_{ij}$. Переходим к пункту 1.
3. Выбираем в транспортной таблице клетку $СЗУ(i,j)$ для поставщика с положительным остатком $b_j > 0$ и последнего используемого склада с оставшейся нулевой или отрицательной потребностью $a_i \le 0$. Если такой клетки в таблице нет, то переходим к пункту 5.
4. Определяем перевозку $x_{ij} = \max\limits_{a_i\le 0 \wedge b_{j\le np}>0} \{a_i; b_j\}$. Пересчитываем остатки $a_i = a_i - x_{ij}$, $b_j = b_j - x_{ij}$. Переходим к пункту 3.
5. Выбираем в транспортной таблице клетку $СЗУ(i,j)$ для потребителя с отрицательным остатком (потребностью) $b_j < 0$ и склада с оставшейся отрицательной потребностью (избыточностью) $a_j < 0$. Если такой клетки в таблице нет, то получено допустимое решение и конец работы алгоритма.
6. Определяем отрицательную перевозку $x_{ij} = \max\limits_{a_i<0 \wedge b_{j>np}<0} \{a_i; b_j\}$. Пересчитываем остатки $a_i = a_i - x_{ij}$, $b_j = b_j - x_{ij}$. Переходим к пункту 5.

Конец алгоритма.

Выходные данные: $X_{m\times n} = \left\| \begin{array}{ccc|ccc} x_{1,1} & \dots & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & x_{mp,np} & x_{mp,np+1} & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & \dots & x_{m,n} \end{array} \right\|$.

Литература

1. Гольштейн Е.Г., Юдин Д.Б. Задачи линейного программирования транспортного типа. М., 1969. – 383 с.
2. Krivopalov V.Y., Krivopalov Y.A. The potential method for solving the transportation problem with transit points. New Magenta Papers. Magenta Technology, 2013. – Vol.2 – P.31–38.

М.Г. Лысиков, А.М. Ольшанский

СИСТЕМА ПЛАНИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ

(ОАО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте», г. Москва)

В статье предлагается подход к построению систем планирования показателей работы железнодорожных станций, основанный на применении нейронных сетей при прогнозировании входной информации о поездопотоке. В составе системы модули, отвечающие за моделирование работы станции, локомотивного парка, диспетчерское управление. Комплекс может быть использован как в виде локальной версии для выбранной сортировочной станции, так и в масштабах территории железной дороги.

Железнодорожные сортировочные станции – важнейшие звенья транспортного конвейера, которые непосредственно отвечают за формирование и точность отправления грузовых поездов сетевого значения. От того, насколько правильно и в соответствии с технологией работает сортировочная станция, зависит и режим пропуска поездов на значительных полигонах, и равномерность использования инфраструктурных и перевозочных ресурсов (локомотивов, бригад, ниток графика движения и др.).

Управление работой сортировочных станций – важная практическая задача, обладающая определенным уровнем сложности, так как сортировочная станция объединяет в себе комплекс человеко-машинных систем, имеющих случайную и псевдослучайную природу функционирования. Традиционные для железных дорог подходы в основном ориентированы на использование стандартной и мало меняющейся технологии работы станции. Это оправдано при малом разбросе величин всех времен, характеризующих элементы станции (времена на обработку в парках станции), а также при стационарном характере входящего поездопотока. Между тем, в условиях рынка последнее допущение не выполняется. Результат такой работы - увеличение в 1,5-2 раза времен обработки поездов на станциях по сравнению с нормативным. В целом это негативно (в сторону увеличения) влияет на количество необходимых перевозочных мощностей и увеличивает затраты любого владельца железнодорожной инфраструктуры.

Авторами в настоящее время разработаны основные принципы и положения конструирования новой системы прогнозирования исходных данных для работы сортировочной станции, которая позволила сделать работу станций более адаптивной и гибкой по отношению к существующим условиям.

Такая система для прогнозирования работы станции включает два блока, отвечающие за предсказание плана подхода поездов: это блок дальнего прибытия поездов и «случайного местного фона». Под дальним прибытием здесь понимается информация о поездах, сформированных назначением на данную станцию со станций, находящихся во временном интервале 1-2 суток до момента прибытия на изучаемую станцию. Под случайным местным фоном подразумевается поток поездов со станций, находящихся в интервале 3-5 часов от изучаемой станции.

Эти блоки могут быть реализованы в виде нейронных сетей – многослойных персептронов с обратным распространением ошибки [1].

Результат функционирования системы подается на вход нейронной сети, которая с учетом положения поездов на последнем перегоне и реакции работников центра управления перевозками (действия их при определенном сочетании эксплуатационных факторов по выбору режимов пропуска потока, в т.ч. и ошибки, недочеты, «худший опыт») формирует скорректированный прогноз прибытия поездов на станцию.

Моменты, связанные с функционированием деповского комплекса и выдачей исправных локомотивов под поезда, учитываются в блоке «система прогноза ТПС (тягового подвижного состава) для станции».

Данный блок имеет вероятностный характер, выдавая среднее число локомотивов и плановое время их появления на выход в выбранный период с учетом закона распределения отказов в подлежащих выдаче локомотивах. На втором этапе авторами планируется получать результат разработки планов по выдаче локомотивов на основе уже выданного системой плана подхода поездов.

С учетом влияния фактора ТПС будет формироваться прогноз времен прибытия-убытия поездов с выбранной станции вне зависимости от того, будут ли использоваться нейронные сети или их сочетание с иным средством моделирования обстановки (имитационной моделью станции).

Далее производится считывание (из систем ИТАУР, АСУ СТ или др.) или расчет (например, с помощью модели[3]) текущего положения на станции (число поездов, занятость путей, времена простоя, отклонения от точек отправления поездов), в результате разница между фактическим и прогнозным положением поступает в систему адаптации вычислений прогноза.

До тех пор, пока точность прогноза не войдет в заданную пользователем зону, будет производиться корректировка прогноза. Удовлетворяющий по точности прогноз при этомпринимается в качестве планового на следующий временной период (час, день, декада).

Схема системы представлена на рис.1.

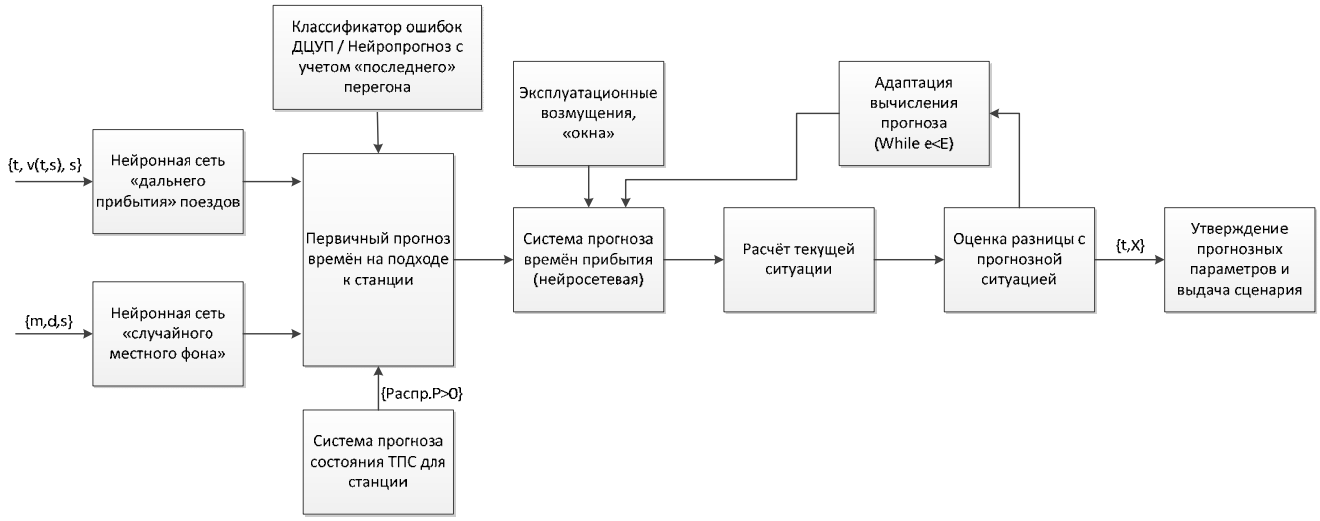


Рис.1. Система адаптивного прогноза работы станций

На первом этапе выполнены разработка и обучение нейронных сетей, прогнозирующих времена прибытия дальних и ближних поездов на станцию Ярославль – Главный.

На втором этапе будут классифицированы и оценены по степени влияния ошибки работников диспетчерского аппарата и влияние эксплуатационных возмущений.

Третий этап – учет работы станции по заданной технологии с использованием прогнозных данных и переход к прогнозированию моментов отправления поездов из различных парков станции с учетом вероятностных эксплуатационных и работы депо (невыдача локомотивов и/или бригад, внеплановый ремонт локомотивов и пр.).

Четвертый этап – это разработка математического аппарата и создание системы адаптивного прогноза на суточный и более короткий период на основе предыдущих трех этапов.

Для создания нейросетевых моделей прибытия поездов необходимо получить данные о нумерации, типе грузовых поездов, их индексах, времени прохождения контрольных точек маршрута (сортировочные и участковые станции по маршруту следования поездов), особенно подробно – в пределах последнего прилегающего к ст. Ярославль–Главный поездного участка, на котором оценивать и скорость продвижения каждого поезда.

Для корректного учета различных режимов эксплуатационной работы в течение года в обучающую и тестовую выборки для нейронных сетей следует получить посуточную информацию за октябрь (месяц максимальных перевозок), декабрь, май (зимний и летний месяцы со значительным «пассажирским шумом»), август (месяц с высокими объемами перевозок и активными летними путевыми работами).

Подробный перечень необходимых для моделирования данных представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Общий набор необходимых данных

Часть I - для модели прибытия поездов

№	Наименование показателя	Источник фактических данных	Информационная система
1	Перечень прибывших на станцию поездов		
2	с указанием индекса поезда	ДУ-3 "графа 3" ст.Ярославль-главный	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
3	станции отправления	на основе ДУ-3 "графа 3" ст.Ярославль-главный	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
3	условная длина поезда в вагонах (прибытие)	ДУ-3 "графа 10" ст.Ярославль-главный	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
4	перечень станций в пути следования с указанием	ДУ-2, ДУ-3 наименование (+ индекс станции)	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
5	время отправления с соседней станции (фактическое)	ДУ-2 "графа 2", ДУ-3 "графа 5" всех станций, где указан индекс поезда из стр.2	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
6	время прибытия на станцию (фактическое)	ДУ-2 "графа 3", ДУ-3 "графа 6" всех станций, где указан индекс поезда из стр.2	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
7	время отправления со станции (фактическое)	ДУ-2 "графа 5", ДУ-3 "графа 19" всех станций, где указан индекс поезда из стр.2	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
8	условная длина поезда в вагонах (прибытие)	ДУ-2 "графа 7", ДУ-3 "графа 10" всех станций, где указан индекс поезда из стр.2	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
9	условная длина поезда в вагонах (отправление)	ДУ-2 "графа 7", ДУ-3 "графа 24" всех станций, где указан индекс поезда из стр.2	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
10	время прибытия на станцию (по графику)	ДУ-26 ВЦ "графы 20 и 21"	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
11	время отправления со станции (по графику)	ДУ-26 ВЦ "графы 13 и 14"	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
12	участковая скорость на предыдущем участке	эквивалент ДО-10ВЦ, формируемой на уровне диспетчерского участка	АСОУП-2

Часть II - по выполнению операций на станции

№	Наименование показателя	Источник фактических данных	Информационная система

	Общие показатели		
1	Средний простой транзитного вагона с переработкой	**ДО-24ВЦ Раздел 1** графа "Простой транзитного вагона с переработкой (Всего)"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
3	Средний простой транзитного вагона без переработки	**ДО-24ВЦ Раздел 1** графа "Простой транзитного вагона без переработки (Всего)"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
3.1	ожидание обработки	графа "Ожидание обработки"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
3.2	обработка	графа "Обработка"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
3.3	ожидание локомотива	графа "Ожидание локомотива"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
3.4	ожидание отправления	графа "Ожидание отправления"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
4	Остатки вагонов от предыдущих суток	ДУ-9 "графа 4" строка "Остаток от предыдущих суток"	АСОУП-2
4.1	местных	ДУ-9 "графа 9" строка "Остаток от предыдущих суток"	АСОУП-2
4.2	транзитных с переработкой	ДУ-9 "графа 14" строка "Остаток от предыдущих суток"	АСОУП-2
4.3	транзитных без переработки	ДУ-9 "графа 19" строка "Остаток от предыдущих суток"	АСОУП-2
4.4	нерабочего парка	ДУ-9 "графа 24" строка "Остаток от предыдущих суток"	АСОУП-2
5	Прибыло вагонов	ДУ-9 "графа 2" строка "Итого"	АСОУП-2
5.1	местных	ДУ-9 "графа 5+6" строка "Итого"	АСОУП-2
5.2	транзитных с переработкой	ДУ-9 "графа 10+11" строка "Итого"	АСОУП-2
5.3	транзитных без переработки	ДУ-9 "графа 15+16" строка "Итого"	АСОУП-2
5.4	нерабочего парка	ДУ-9 "графа 20+21" строка "Итого"	АСОУП-2
6	Убыло вагонов	ДУ-9 "графа 3" строка "Итого"	АСОУП-2
6.1	местных	ДУ-9 "графа 7+8" строка "Итого"	АСОУП-2
6.2	транзитных с переработкой	ДУ-9 "графа 12+13" строка "Итого"	АСОУП-2
6.3	транзитных без переработки	ДУ-9 "графа 17+18" строка	АСОУП-2

		"Итого"	
6.4	нерабочего парка	ДУ-9 "графа 22+23" строка "Итого"	АСОУП-2
7	Остатки вагонов к концу отчётных суток	ДУ-9 "графа 4" строка "Итого"	АСОУП-2
7.1	местных	ДУ-9 "графа 9" строка "Итого"	АСОУП-2
7.2	транзитных с переработкой	ДУ-9 "графа 14" строка "Итого"	АСОУП-2
7.3	транзитных без переработки	ДУ-9 "графа 19" строка "Итого"	АСОУП-2
7.4	нерабочего парка	ДУ-9 "графа 24" строка "Итого"	АСОУП-2
	Парк прибытия		
8	Число прибывших составов для расформирования	нет указания расчет на основе части 1	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
9	Средний простой вагона под обработкой в парке прибытия	**ДО-24ВЦ Раздел 1** графа "Простой транзитного вагона с переработкой (От начала прибытия до начала расформирования состава)"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
9.1	Ожидание обработки	графа "Ожидание обработки"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
9.2	Обработка	графа "Обработка"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
9.3	Ожидание расформирования	графа "Ожидание расформирования"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
10	Число вагонов, отцепленных в текущий и ремонт	**ДО-24ВЦ Раздел 1** графа "Количество отцепленных вагонов от готовых поездов своего формирования и транзитных"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
10.1	по коммерческим неисправностям	графа "по коммерческим неисправностям"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
10.1.1	вагонов с переработкой	нет указания	АСОУП-2
10.1.2	вагонов без переработки	нет указания	АСОУП-2
10.2	по техническим неисправностям	графа "по техническим неисправностям"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
10.2.1	вагонов с переработкой	нет указания	АСОУП-2
10.2.2	вагонов без переработки	нет указания	АСОУП-2
	Сортировочный парк		
11	Число переработанных вагонов	**ДО-24ВЦ Раздел 1** графа "Переработка вагонов на горке (Нечетная система)" + графа "Переработка вагонов на горке (Четная система)"	СИС «Эффект» + АСОУП-2

12	Средний простой вагона в сортировочном парке	**ДО-24ВЦ Раздел 1** графа "Расформирование" + графа "Простой в сортировочном парке"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
12.1	Расформирование	графа "Расформирование"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
12.2	Накопление	графа "Накопление"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
12.3	Формирование	графа "Формирование"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
12.4	Перестановка в парк отправления (включая ожидание перестановки)	графа "Перестановка в парк отправления"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
	Парк отправления		
13	Число отправленных составов	**ДО-24ВЦ Раздел 1** графа "Отправлено поездов (В т.ч. своего формирования)"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
14	Число отправленных транзитных вагонов с переработкой	**ДО-24ВЦ Раздел 1** графа "Количество транзитных вагонов (С переработкой)"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
15	Средний простой вагона в парке отправления	**ДО-24ВЦ Раздел 1** графа "Простой от окончания формирования или перестановки его в парк отправления до отправления"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
15.1	Ожидание обработки	графа "Ожидание обработки"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
15.2	Обработка	графа "Обработка"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
15.3	Ожидание локомотива	графа "Ожидание локомотива"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
15.4	Ожидание отправления	графа "Ожидание отправления"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
	Транзитный (Приемоотправочный) парк		
16	Остатки вагонов к началу суток на путях транзитного парка	ДУ-9 "графа 19" строка "Остаток от предыдущих суток"	АСОУП-2
17	Число прибывших составов с транзитными вагонами без переработки	нет указания расчет на основе части 1	ГИД-УРАЛ ВНИИЖТ
18	Число прибывших транзитных вагонов без переработки	ДУ-9 "графы 15+16" строка "Итого"	АСОУП-2
19	Число отправленных транзитных составов	**ДО-24ВЦ Раздел 1** графа "Отправлено поездов (Всего)" - графа "Отправлено поездов (в т.ч. своего форми-	СИС «Эффект» + АСОУП-2

		рования)"	
20	Число отправленных транзитных вагонов без переработки	**ДО-24ВЦ Раздел 1** графа "Количество транзитных вагонов (Без переработки)"	СИС «Эффект» + АСОУП-2
		ДУ-9 "графы 17+18" строка "Итого"	АСОУП-2

При учете отказов целесообразно отсортировать их по времени, на которое данный отказ задержал момент поступления/отправления поезда, а также возможно с разделением отказов по группам.

Предложенная система, таким образом, в отличие от ее предшественников, позволит строить планы работы сортировочных станций в режиме отслеживания и постоянной корректировки планов работы при изменении эксплуатационных режимов на ближнем или дальнем временном горизонте. Она может стать базовой платформой для конструирования системы прогнозирования работы не одной, а серии связанных между собой сортировочных станций, при этом полученные результаты будут являться прогнозом работы железной дороги в целом.

Литература

1. Круглов, В.В. Нечёткая логика и искусственные нейронные сети [Текст]/ В.В. Круглов, М.И. Дли, В.В. Голунов. – М., Физматлит, 2001, 224 с. – ISBN 5-94052-027-8.

2. Назаров, А.В. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем [Текст]/ А.В. Назаров, А.И. Лоскутов// Под ред.М.В.Финкова. – СПб., Наука и техника, 2003. – 384 с. – ISBN 5-94387-076-8.

3. Лысиков, М.Г. Автоматизированная система расчета параметров работы станций графоаналитическим методом PlanGraph 2007 [Текст]/ М.Г.Лысиков, А.В.Степанов// Уч. пос.-М.:МИИТ, 2010. – 90 с.

А.А. Осьмушин, О.В. Сапрыкина, А.А. Федосеев

СИНТЕЗ АДАПТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ АНАЛИЗА ИНЦИДЕНТОВ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Выявление инцидентов на транспортной сети и адекватное реагирование на возникшие ситуации способствует сохранению связности отдельных участков сети и уменьшению транспортных задержек. Важность исследования инцидентов на улично-дорожной сети (УДС) населённых пунктов объясняется по-

стоянно возрастающей нагрузкой в совокупности с невозможностью безграничного расширения УДС.

Разнообразие инцидентов, или нештатных ситуаций, на УДС, сложность математического описания транспортных потоков и стохастическая природа их параметров, влияние внешних параметров на дорожное движение определяют большое количество комплексных состояний УДС. Различные состояния УДС требует применения разных методов реагирования, предназначенных для перераспределения транспортных потоков, информирования участников дорожного движения и обслуживающих дорожную сеть ведомств. Формирование информационных систем, способных в режиме реального времени анализировать возникшие инциденты с целью сопоставления им наиболее адекватных методов реагирования, является актуальной задачей в сфере информационных транспортных систем.

Схема разрабатываемой информационной системы анализа инцидентов приведена на рисунке 1.

В системе выделяются следующие процессы и реализующие их модули:

– Постановка цели работы системы. Цель определяет необходимый результат, получаемый в процессе работы системы. В качестве целей могут выступать минимизация транспортных задержек в сети, повышение безопасности дорожного движения в условиях нештатных ситуаций, минимизация времени воздействия инцидентов и т.д.
– Получение информации о транспортной ситуации и инцидентах на УДС. Модуль получения информации обеспечивает информационную систему входными данными. К таким данным относятся сведения о возникшей нештатной ситуации (время возникновения, ожидаемое время существования, тип нештатной ситуации, область влияния и т.п.) и о параметрах транспортных потоков на УДС (интенсивность, плотность и другие характеристики транспортного потока). Модуль сбора информации имеет сложную структуру, в которую входят источники данных, программные средства классификации (кластеризации) нештатных ситуаций, сбора и анализа статистики. К источникам данных относятся каналы связи с административными органами, дорожными службами, аппаратные средства сбора информации (видеокамеры, радары, погодные станции и т.д.), средства получения данных от водителей транспортных средств и алгоритмы автоматического детектирования инцидентов. Классификация и кластеризация нештатных ситуаций выполняется по ряду факторов – по времени воздействия, по источнику возникновения, по пространственному расположению. Классификация и кластеризация выполняют задачи выделения инцидентов в отдельные группы по определённым признакам, что в последующем способствует определению необходимых алгоритмов и методов, наиболее подходящих к различным инцидентам. Средства сбора информации о нештатных ситуациях позволяют вести статистику, необходимую для прогнозирования времени существования ситуации и степени её влияния на транспортную сеть. Данные параметры требуются для принятия решений о необходимости принятия мер реагирования

и о масштабе этих мер.

Рис. 1. Схема информационной системы анализа инцидентов

– Формирование задач. Модуль формирования задач в качестве входных параметров получает цели реагирования и информацию об инциденте и транспортной ситуации.
– Решение задач. Модуль решения поставленных задач выполняет подбор методов и алгоритмов, подходящих для решения поставленной задачи.

Адаптивная информационная система анализа инцидентов на транспортной сети функционирует в определённой информационной, математической и аппаратной среде. Такая среда сформирована математическими моделями, используемыми для описания транспортной сети, базами данных, хранящими информацию о транспортной сети и её параметрах, интерактивными средствами передачи информации между системой и всеми участниками дорожной сети (как пользователями, так и обслуживающими структурами).

Подходящей средой функционирования разрабатываемой информационной системы является геоинформационная система «ITSGIS» компании Интелтранс. В «ITSGIS» используются графовые, полигональные и гибридные модели улично-дорожной сети [1], модели нештатных ситуаций на УДС [2] и прочие модели. Элементы дорожной сети, статистика по интенсивности транспортных

потоков, очаги аварийности и другие параметры содержатся в базах данных.

Дополнительными элементами среды функционирования системы являются сформированное множество методов решения задач информирования участников дорожного движения и перераспределения транспортных потоков, а также данные о доступных технических средствах, которые могут использоваться для решения поставленных задач. К таким средствам относятся каналы связи V2X: V2I (vehicle-to-infrastructure) и V2V (vehicle-to-vehicle) [3], управляемые светофорные объекты, информационные табло и дорожные знаки.

Литература

1. Михеева, Т.И. Структурно-параметрический синтез интеллектуальных транспортных систем [Текст] / Т.И. Михеева – Самара: Самар. науч. центр РАН, 2008. – 380 с.

2. Осьмушин А.А., Богданова И.Г., Сидоров А.В. МОДЕЛИРОВАНИЕ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ НА УЛИЧНО-ДОРОЖНОЙ СЕТИ // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 6; URL: www.science-education.ru/113-11766.

3. Михеева Т.И., Осьмушин А.А., Михеев С.В. Средства обмена информацией V2I в интеллектуальных транспортных системах для управления транспортными потоками в условиях присутствия критических ситуаций на улично-дорожной сети / Перспективные информационные технологии (ПИТ 2013): труды Международной научно-технической конференции. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2013. – С. 241-246.

О.В. Сапрыкина, О.Н. Сапрыкин, Т.И. Михеева

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННЫХ СОЦИАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Моделирование транспортных потоков на улично-дорожной сети (УДС) является одним из приоритетных направлений в области исследования транспортных систем. Подобные модели часто используются для определения параметров транспортного потока, например, таких как интенсивность и плотность. В статье предлагается использовать моделирование транспортных потоков УДС для формирования знаний об акупунктурных точках P_A модели УДС.

Под акупунктурной точкой $P_A^i \in P_A$ будем понимать некоторую точку среды, воздействуя на которую, можно изменить характеристики среды E_{out}, и наоборот, изменения параметров среды влечет за собой изменение параметров акупунктурной точки.

Акупунктурная точка принадлежит графу улично-дорожной сети, и является начальной точкой транспортного затора, то есть, связана с участками

УДС, значение напряженности на которых превышено. Акупунктурная точка $P_A^i \in P_A$ характеризуется следующими параметрами:
(x^{AP}, y^{AP})- координата дислокации. Определяется начальной координатой первого транспортного средства, попавшего в транспортный затор;
$list^{AP}$ - список участков, на которых возникает напряженность;
U^{AP} - нагрузка, определяемая по формуле:

$$U^{AP} = \int_0^{24} \sum_{i=1}^{N} U_i dt,$$

где U_i - напряженность i-го участка УДС,
N – количество участков, для которых создаётся напряженность $P_A^i \in P_A$;
t - время.

Для реализации моделирования транспортных потоков используется множество из N социальных интеллектуальных объектов $A_{Sio} = \{A_{Sio}^1, \ldots, A_{Sio}^N\}$, существующих в единой внешней среде E_{out} и взаимодействующих друг с другом.

Введем некоторый таймерный объект A_{Time}, осуществляющий счет времени, в формате: *«тип месяца»:«число»:«день недели»:«час»* и используемый в качестве координатора для управления социальными интеллектуальными объектами A_{Sio}. По таймеру определяется время создания и достижений целей для каждого дочернего объекта агрегации A_{Mod}.

Математическая модель системы моделирования A_{Mod} представлена следующим образом:

$$A_{Mod} = \{E, A_{Sio}, S_{out}^E, M_{pdd}, F(S_{TI})\}$$

где E_{out} - конечное множество объектов внешней среды, включающее объекты модели УДС M_{Net} и объекты транспортной инфраструктуры M_{TI};
$A_{Sio} = \{A_{Sio}^1, \ldots, A_{Sio}^N\}$ - конечное множество СИО, каждый из которых представлен расширенной математической моделью;
S_{out}^E - множество состояний внешней среды E_{out};
M_{pdd} – множество правил дорожного движения;
$F(S_{TI})$ - множество функций изменения состояния объектов транспортной инфраструктуры.

Система моделирование A_{Mod} обладает следующими свойствами [2,3]:

- Многоагентность – существует множество АО $A_{Sio} = \{A_{Sio}^1, \ldots, A_{Sio}^N\}$, каждый из которых обладает индивидуальным поведением и стремится выполнить собственную цель.
- Является стохастической, то есть невозможно предсказать поведение множества АО $A_{Sio} = \{A_{Sio}^1, \ldots, A_{Sio}^N\}$.
- Динамика – множество $A_{Sio} = \{A_{Sio}^1, \ldots, A_{Sio}^N\}$ постоянно находятся в движении.

– Моделирование определяется множеством сценариев M_{Script}, отображающим кардинально разную картину поведения множества транспортных средств A_{Sio} на модели УДС M_{Net} для различных дней недели из множества D. Множеством сценариев M_{Script} определено как $M_{Script} = \{D_{Work}, D_{Fr}, D_{Wik}\}$, где D_{Work} сценарии для рабочего дня, D_{Fr} сценарии для пятницы, D_{Wik} сценарии для выходного дня.
– Модель времени дискретна и между приращениями времени $\Delta t = t_{i-1} - t_i$ поведение СИО A_{Sio} и любых других параметров среды E_{out} остается неизменным.
– В каждый момент времени t_i СИО A_{Sio} обладает некоторым состоянием S_i^{sio}.
– Изменение внутреннего состояния S_{Sio}^i СИО A_{Sio} влечет за собой изменение внешней среды E_{out} и наоборот.
– Целью G_{Sio}^i каждого СИО A_{Sio}^i является определение подмножества акупунктурных точек $P_A^i \in P_A$ посредством обхода цепи корреспонденции C_{Sio}^i по модели УДС M_{Net}, с минимизацией обобщенной стоимости пути F_{cost}^i.
– Жизненный цикл L_{Sio}^i каждого СИО A_{Sio}^i составляет временной интервал $t = \overline{1,120}$, дней.

Архитектура системы моделирования интеллектуальных объектов представлена на рисунке 1.

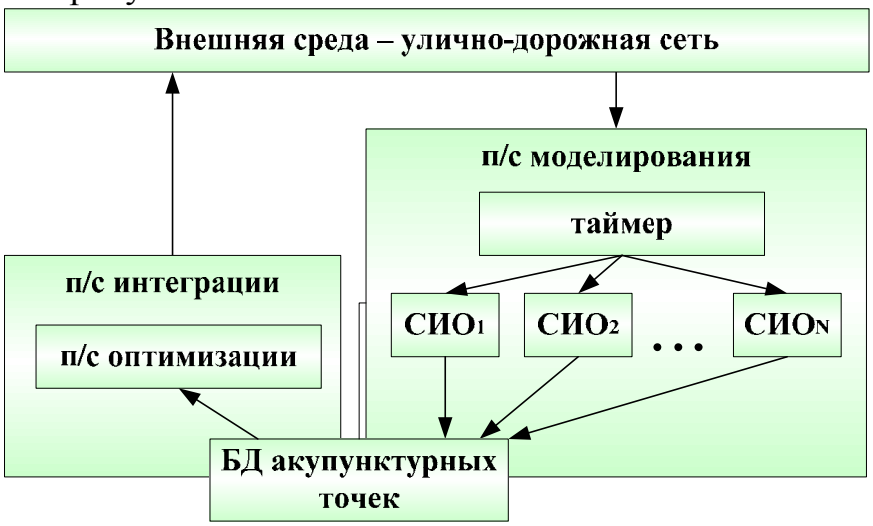


Рис. 1. Архитектура системы социальных интеллектуальных объектов

В конце каждого такта дня СИО A_{Sio}^i добавляет значение найденных акупунктурных точек во множество P_A. Полученная информация о множестве акупунктурных точек P_A используется для оптимизации топологии УДС.

Литература

1. Михеева Т.И. Структурно-параметрический синтез интеллектуальных транспортных систем/ Самара: Самар. науч. центр РАН, 2008. 380 с.

2. Замятина Е.Б. Современные теории имитационного моделирования: спец. курс. Пермь: ПГУ, 2007. 119 с.

3. Валиев М.К., Дехтярь М.И. Вероятностные мультиагентные системы: семантика и верификация // Вестн. ТГУ: сер. Прикладная математика. 2008. № 35 (95). С. 9–22.

А.В. Сидоров, С.В. Михеев, Д.А. Михайлов

ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СЛОЖНООРГАНИЗОВАННЫХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ITSGIS»

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

«ITSGIS» – это геоинформационная система (ГИС) с многослойной электронной картой города, обеспечивающая работу с различными геообъектами городской инфраструктуры (дома, дороги, дорожные знаки, светофоры, световые опоры, остановки общественного транспорта, транспортные маршруты и др.), специализированными геообъектами (ДТП, места концентрации ДТП, места работ, ведущихся на улично-дорожной сети, и др.) (рисунок 1).

«ITSGIS» предназначена для автоматизации работ, выполняющих функции учета объектов городской инфраструктуры на основе геоинформационной системы. Система позволяет [1]:

– отображать карты распространенных форматов;
– редактировать карту с помощью базовых графических примитивов;
– гибко настраивать пользовательский интерфейс;
– разрабатывать разнообразные модули («плагины»), расширяющие систему.

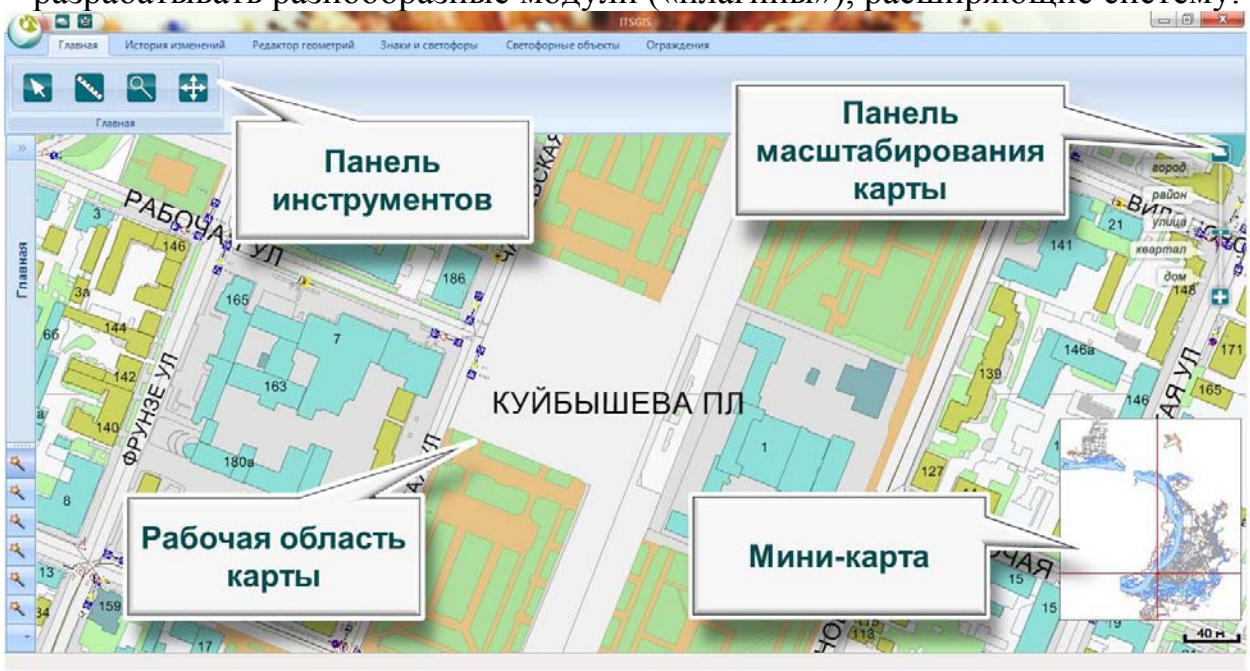


Рис. 1. Главное окно системы «ITSGIS»

При разработке геоинформационной системы «ITSGIS» соблюдались принципы оптимальности, агрегирования, управляемости, автоматизации, стандартизации, включения, системного единства, развития, надежности.

Принцип оптимальности предполагает оптимизацию решений, обеспечивающих максимальный, интенсивно увеличивающийся во времени прирост промышленного потенциала на основе достижений науки и техники. В соответствии с этим принципом при создании системы «ITSGIS» использовались современные средства и технологии (NHibernate, WCF и др).

Технология объектно-реляционного отображения данных NHibernate позволяет оптимизировать запросы к базе данных, сократить нагрузку на сервер базы данных и ускорить разработку приложений.

Технологий передачи данных между приложениями Windows Communication Foundation (WCF) обеспечивает надежный и безопасный обмен данными между сервером приложения и клиентами.

Принцип агрегирования позволяет осуществить членение сложной многоуровневой системы на компоненты (подсистемы, модули, компоненты и т.д.) с целью снижения размерности решаемых задач, а также поэтапного ввода объектов. Система «ITSGIS» построена по трехуровневой архитектуре (клиент – сервер приложения – сервер базы данных). Каждый из уровней в свою очередь разделен на модули. Диаграмма компонентов геоинформационной системы «ITSGIS» показана на рисунке 2.

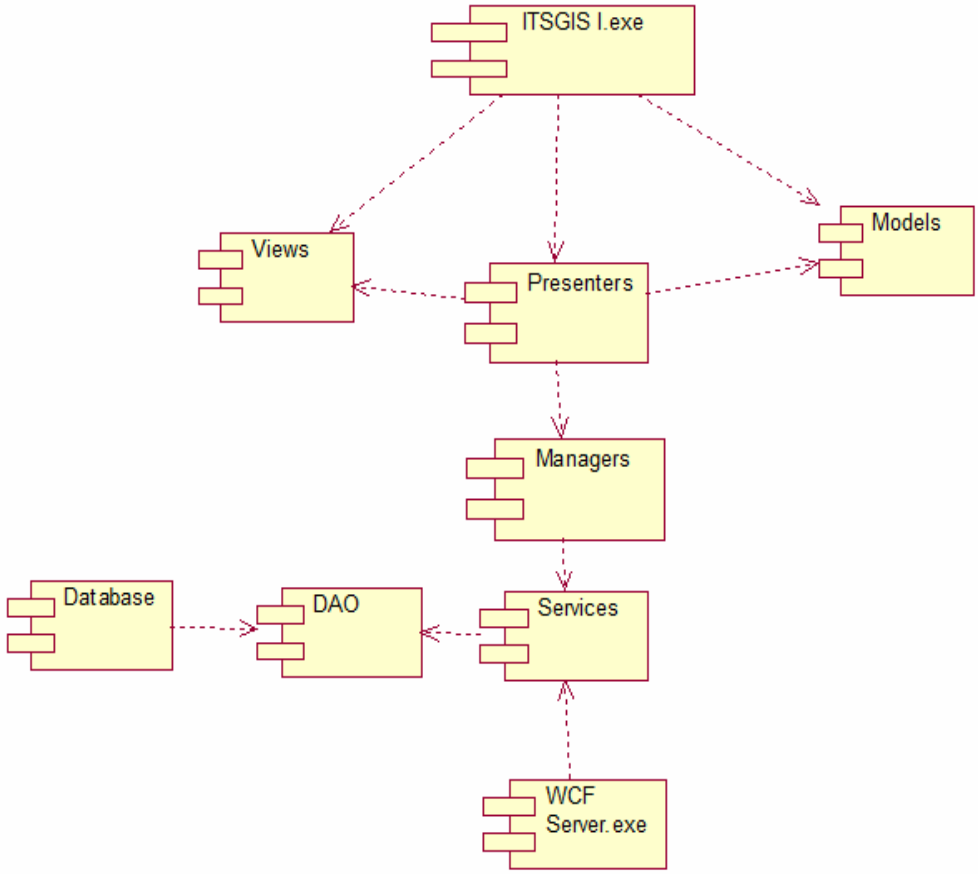


Рис. 2. Диаграмма компонентов системы «ITSGIS»

Принцип управляемости – непосредственно связано с выявлением возможности воздействовать на состояние системы, а также изменять вектор ее состояния. Непосредственные управляющие воздействия на геоинформационную систему «ITSGIS» производят пользователи системы, которые имеют несколько уровней доступа к системе: «Администратор», «Пользователь», «Специалист».

Принцип автоматизации обеспечивает оперативную и качественную переработку информации с воздействием в необходимых случаях на объект управления. Автоматизация, освобождая человека от выполнения "рутинных" и трудоемких операций, оставляет за человеком функции контроля и формулирования целей. Система «ITSGIS» позволяет в автоматизированном режиме выполнять сложные задачи: выполнять поиск оптимальных маршрутов с учетом нескольких критериев, поиск мест концентрации ДТП («очагов аварийности») и др.

Принцип стандартизации гарантирует информационное единство, совместимость, инвариантность, преемственность проектных решений и др. Поскольку принцип комплексный, обеспечивается единение различных по природе явлений и его применение и развитие – обязательно.

При разработке системы использовались паттерны проектирования (Одиночка, Абстрактная фабрика, DAO, Модель-Вид-Представитель и др.), которые позволили сократить время проектирования системы и унифицировали программный код (рисунок 3) [2,3].

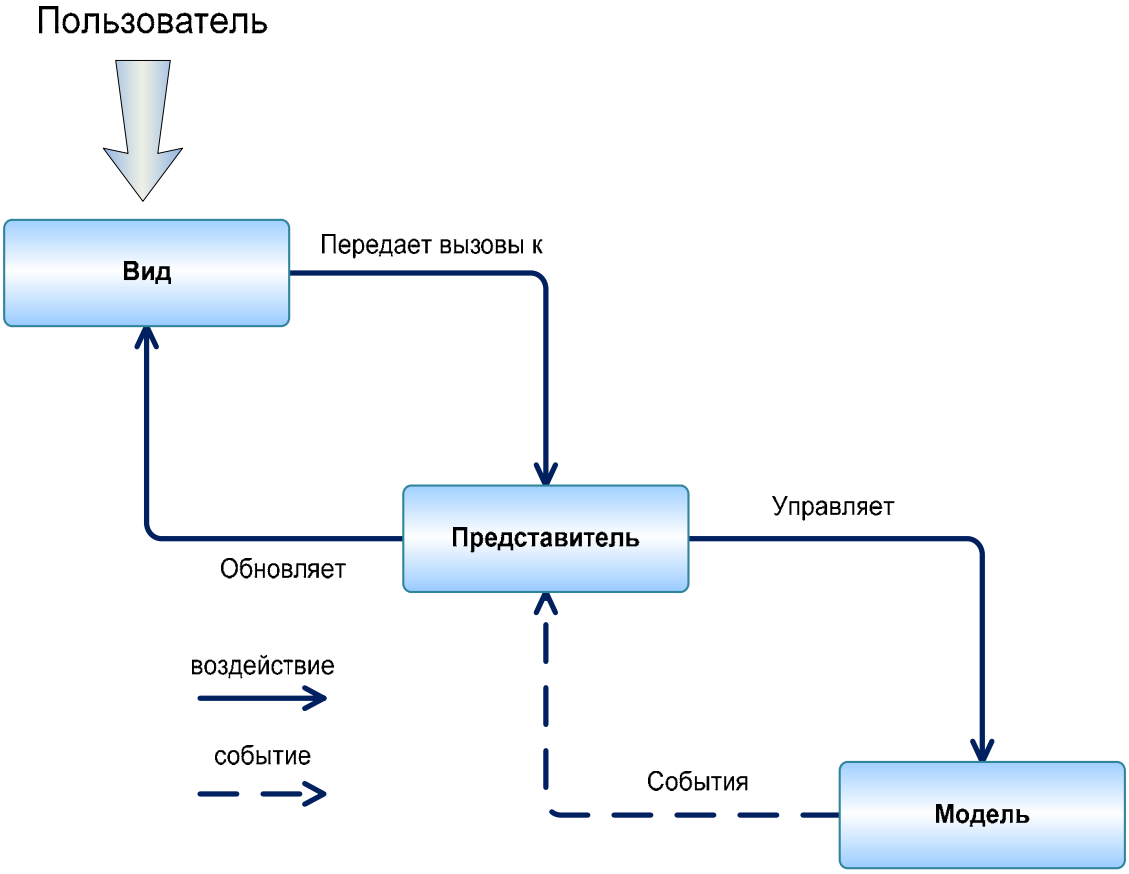


Рис. 3. Схема паттерна «Модель-Вид-Представитель»

Структуры данных геоинформационной системы «ITSGIS» удовлетворяет стандарту пространственных данных OGC (Open Geospatial Consortium) [4]. В связи с этим «ITSGIS» может обмениваться данными с другими ГИС и САПР: ArcGIS, MapInfo, AutoCAD и др.

Принцип включения предусматривает, что требования к созданию, функционированию и развитию объекта и процесса проектирования определяются более сложной, включающей объект либо процесс проектирования, системой (предприятия, организации, отрасли и т.д.).

Принцип системного единства состоит в том, что на всех стадиях создания, функционирования и развития системы целостность ее должна обеспечиваться связями между образующими компонентами, а также функционированием специальной подсистемы (системы) управления.

Принцип развития требует, чтобы любой объект разрабатывался и функционировал как развивающаяся система, в которой предусмотрена возможность совершенствования компонентов системы и связей между ними на основе принципов агрегирования и стандартизации.

Принцип надежности предполагает работоспособность объекта, построенного в общем случае из ненадежных элементов, за счет специальных средств стабилизации заданных характеристик надежности системы и ее элементов (профилактическое обслуживание, резервирование и др.). В системе ITSGIS контроль доступа к данным, валидация и резервирование данных.

Система «ITSGIS» удовлетворяет всем принципам построения сложноорганизованных систем. Благодаря соблюдению принципу стандартизации результаты, полученные в системе могут быть применены во многих отраслях.

Литература

1. Михеева Т.И., Михеев С.В., Макарова М.С. Геоинформационная система «ITSGIS. Дислокация объектов» / Материалы региональной научно-практ. конф., посвященной 50-летию полета человека в космос. Самара, 2011. С. 230-231.

2. Михеева, Т.И. Паттерновое проектирование интеллектуальных транспортных систем [Электронный ресурс]/Т.И. Михеева, О.К. Головнин, А.А. Федосеев//Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6; URL: http://www.science-education.ru/106-7967.

3. Фримен, Эр. Паттерны проектирования [Текст]/ Эр. Фримен. – Спб.: Питер, 2011. – 656 с.

4. Open Geospatial Consortium [Электронный ресурс]. – www.opengeospatial.org

К.И. Спивак, И.Г. Богданова, А.А. Осьмушин

ОСОБЕННОСТИ ПАСПОРТИЗАЦИИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ ПО ГЕОВИДЕОМАРШРУТУ В САПР «AUTOCAD»

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

В современном постиндустриальном обществе в связи с ростом городских агломераций идет активное расширение дорожных сетей, в результате чего автомобильные дороги становятся все более сложноорганизованными. Именно поэтому деятельность по правильной организации дорожного движения является актуальной. Для решения некоторых задач, связанных с организацией движения, в частности, создания проектов, специалисты используют программу «AutoCAD» – систему, широко используемую при проектировании и черчении в различных отраслях промышленности.

Для примера приведена автомобильная дорога «от трассы «Сенгилей – Большие Ключищи» до поселка Ломы», паспортизация которой проводится согласно письму МВД РФ от 02.08.2006 № 13/6-3853, Росавтодора от 07.08.2006 № 01-29/5313 «О Порядке разработки и утверждения проектов организации дорожного движения на автомобильных дорогах». Рассматриваемая автодорога, согласно этому письму, разбивается на участки – километры в «AutoCAD», которые представлены в прямоугольном виде с применением линейных графиков продольных уклонов и кривых в плане.

С использованием заранее отснятого видео данной автодороги создаётся проект в «Модуле учета геометрических параметров проезжей части» (рисунок 1) [1]. С помощью этого модуля производится проверка на наличие дорожных знаков, остановок общественного транспорта, примыканий, пересечений с другими дорогами и др. Т.к. модуль работает не только с видеоданными, но и с геоданными (GPS трек), появляется возможность измерения и построения графиков изменения дорожного профиля – продольные уклоны и кривые в плане, которые наносятся на чертёж [2]. Эти графики необходимы для правильной дислокации дорожных знаков (1.11.1/1.11.2 - опасный поворот, 1.12.1/1.12.2 – опасные повороты или 1.13/1.14 - крутой спуск/подъем) и нанесения разметки [3].

При помощи правил дорожного движения (ПДД) и соответствующих ГОСТов производится проверка правильности расстановки существующих технических средств организации дорожного движения и даются рекомендации по установлению необходимых знаков дорожного движения, демонтажу и т.д. В случае, если на автодороге знак и его размещение по данным видео соответствуют стандарту, то он помечается белым цветом. В случае, если знак и/или его размещение не соответствуют показателям ГОСТа, его необходимо демонтировать, на «километрах» он перечеркивается и помечается серым

цветом. Взамен ему, если это необходимо, ставится знак, соответствующий стандартам, обозначаемый зеленым цветом (рисунок 2).

Дислокация необходимых дорожных знаков и нанесение разметки на «километрах» происходит либо одновременно с обозначением существующих знаков, либо после, опираясь на отснятое видео, кривые в плане, продольные уклоны и ГОСТы.

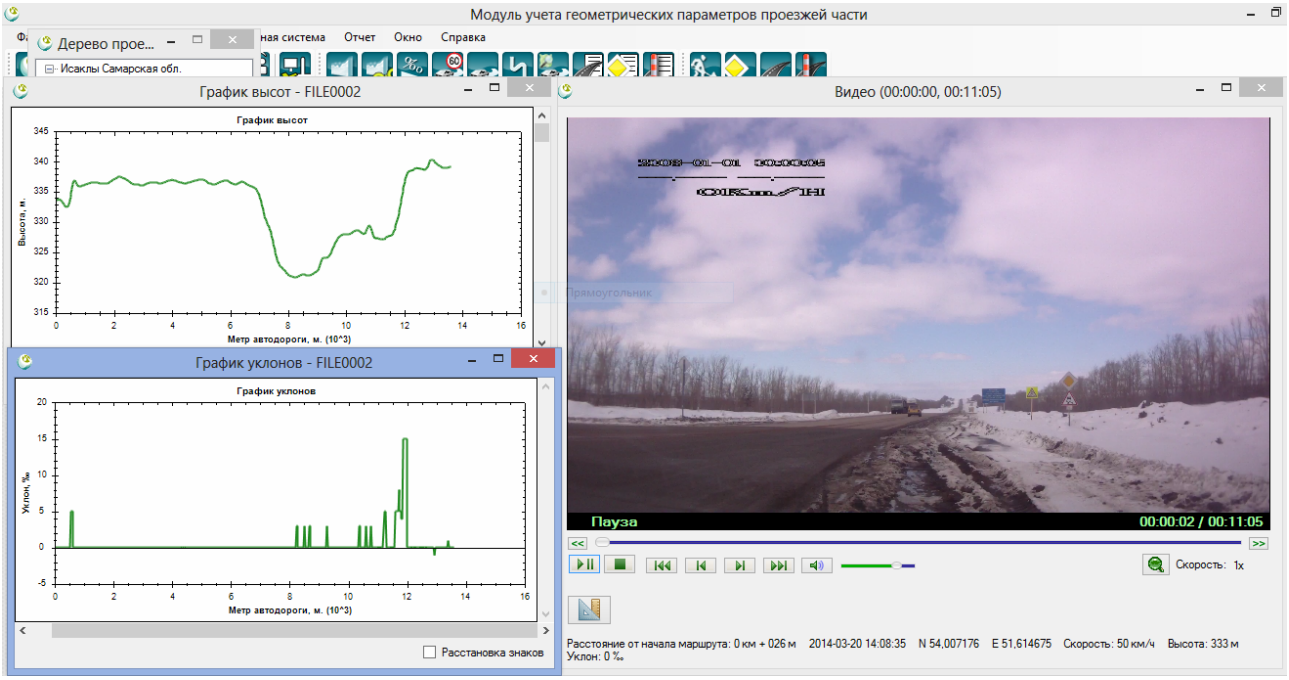


Рис. 1. Модуль учета геометрических параметров проезжей части

Автомобильная дорога, рассматриваемая в данной статье, содержит железнодорожный переезд вне населенного пункта без шлагбаума, где имеются существующие знаки, как соответствующие стандарту, так и не соответствующие ему (рисунок 2).

По рисунку 2 видно, что на рассматриваемом участке автодороги не все знаки соответствуют инструкции по эксплуатации железнодорожных переездов МПС России. Знаки и/или их расположение, не соответствующие стандартам, рекомендованы к демонтажу.

В заключение можно сказать, что паспортизация дорог является неотъемлемой частью развития регионов, ведь правильная организация дорожного движения уменьшает аварийность на автомобильных дорогах, повышает пропускную способность и объем перевозок, что увеличивает экономические параметры в целом.

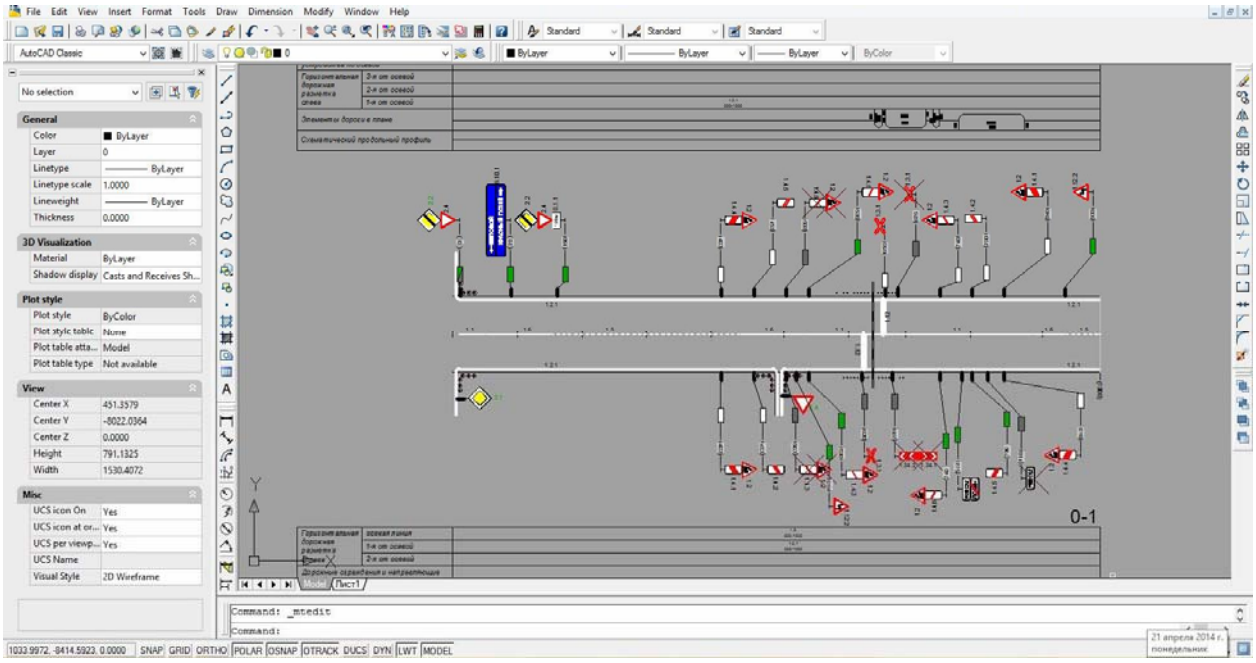


Рис. 2. Дислокация технических средств организации дорожного движения на автомобильной дороге

Литература

1. Михеева Т.И., Савченко А.С. База данных паспортизации улично-дорожной сети / Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвуз. сб. науч. статей. - Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – С. 151-155.

2. Головнин О.К., Ключников В.А., Михеев С.В. Автоматизированная система паспортизации автомобильной дороги / Перспективные информационные технологии (ПИТ 2013): труды Международной научно-технической конференции. – Самара: Издательство Самарского научного центра РАН, 2013. –С. 230-233.

3. Головнин О.К. [и др.] Дислокация дорожных знаков по геовидеомаршруту / Новые информационные технологии в научных исследованиях: материалы XVII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. – Рязань: РГРТУ, 2012. –С. 214.

А.А. Федосеев, В.А. Ключников

МЕТОДЫ АНАЛИЗА ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ СТАТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Ненадлежащее качество автомобильных дорог является причиной дорожно-транспортных происшествий, ухудшения технического состояния транспортных средств, снижения пропускной способности автодорог и т.д. Диагностика и мониторинг состояния статических объектов дорожно-транспортной

инфраструктуры – дорожных покрытий методом дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) является актуальной и перспективной задачей. Гиперспектральные измерения, направленные на оценку физико-химических свойств материалов, обеспечивают решение класса задач по оценке состояния дорожных покрытий, а именно выявление различного рода дефектов, связанных с наличием выбоин, ям, определение степени износа и старения дорожного полотна. Желаемым результатом обработки гиперспектральных данных должна являться тематическая карта дорожного полотна, характеризующая пространственное распределение его качества и состояния.

В отличие от гиперспектрометрии растительных и почвенных покровов данное направление анализа является слабо исследованным, фактически, вследствие недостаточного понимания спектральных свойств материалов объектов транспортной инфраструктуры [1]. Отсутствует достаточное количество эталонов спектральных характеристик дорожных покрытий в зависимости от их типа, возраста и условий, а также спектральных различий между этими покрытиями и другими материалами, присущими урбанизированной территории. Важным вопросом при проведении работ в данном направлении является разработка библиотеки спектральных сигнатур дорожных покрытий различных классов и в различных состояниях, а также характерных для урбанизированной территории материалов на основе информации, полученной с использованием полевого гиперспектрометра. Для эффективного решения тематических задач данного класса материалы гиперспектральной съёмки должны иметь сверхвысокое (субметровое) пространственное разрешение и охватывать спектральный диапазон от 0,4 до 2,5 мкм [2].

Спектральные характеристики дорожных покрытий имеют специальные особенности в зависимости от их типа, возраста, состояния и качества. Так, естественное старение асфальтового покрытия вызвано реакциями с атмосферным кислородом, фотохимическими реакциями с падающим солнечным излучением, а также температурным влиянием. В результате имеют место три основных процесса: потеря маслянистых компонентов вследствие непостоянства (летучести) и поглощения, изменения в структуре (в том числе молекулярной) вследствие окисления, что оказывает влияние на вязкость асфальтовой смеси. Потеря маслянистых компонентов является относительно непродолжительным процессом, в отличии от двух других процессов, занимающий более длительный период времени. Результаты указанных процессов хорошо выражаются спектральными профилями. Новое асфальтовое покрытие имеет наименьший средний по спектру коэффициент отражения, который линейно возрастает до области спектра с длиной волны λ=2100 нм.

Углеводородное поглощение проявляется в окрестности длины волны $\lambda \sim$ 1750 нм, а также в окрестностях длин волн λ=2310 нм и λ=2350 нм. С увеличением возраста дорожного полотна, повышением его износа и разрушением коэффициент отражения возрастает в видимом, ближнем и коротковолновом ИК (соответственно NIR и SWIR) диапазонах спектра. Со временем асфальтовая смесь разрушается, при этом оголяются твёрдые компоненты покрытия. Про-

цесс продолжается до тех пор, пока твёрдые компоненты не становятся преобладающими [1].

Эрозия асфальтовой смеси уменьшает вязкость поверхности и оказывает непосредственное влияние на образование структурных повреждений. Упомянутые процессы снижают поглощательную способность смеси при значительном увеличении отражательной способности. Рост отражательной способности как функции от длины волны хорошо прослеживается в диапазонах NIR и SWIR при отражательной способности более 10%. Учитывая данную особенность, разработано два специальных индекса: *ARVNIRI* (Asphalt Road Visible Near InfraRed Index) и *ARSWIRI* (Asphalt Road Short Wave InfraRed Index). Они вычисляются следующим образом:

$$ARVNIRI = \rho_{830} - \rho_{490}, \qquad (1),$$

где ρ_{830} и ρ_{490} – отражательные способности соответственно для длин волн λ=830 нм и λ= 490 нм.

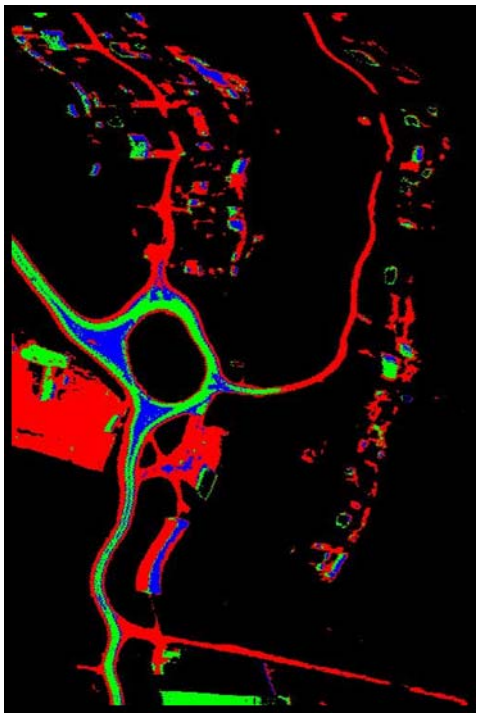
$$ARSWIRI = \rho_{2120} - \rho_{2340}, \qquad (2),$$

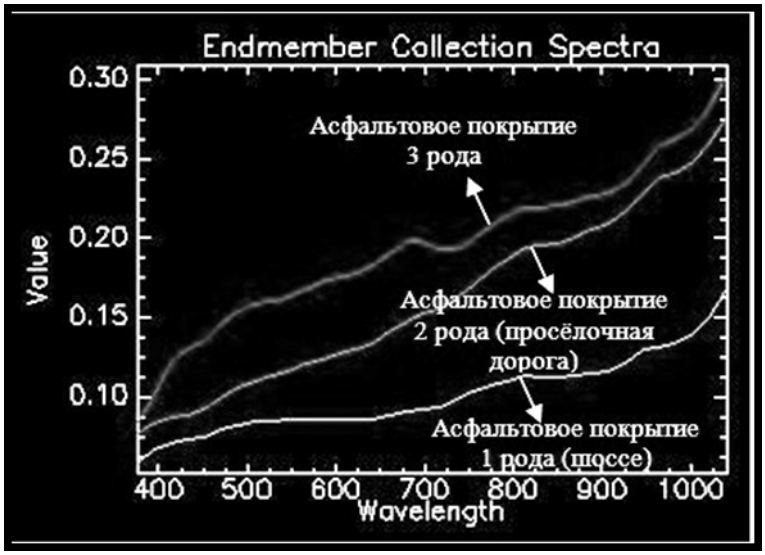
где ρ_{2120}, ρ_{2340} – отражательные способности соответственно для длин волн λ=2120 нм и λ=2340 нм.

Спектральный профиль в этих диапазонах незначительно изменяется для нового асфальтового покрытия и имеет более вогнутую форму для старого асфальтового покрытия. Процесс окисления и появления твёрдых компонентов сопровождается наличием особенностей поглощения оксидами железа на длинах волн λ=520 нм, λ=670 нм и λ=870 нм. Спектральные особенности, связанные с наличием в покрытии углеводорода, прослеживаются только для новых асфальтовых поверхностей и исчезают с увеличением возраста и ухудшением состояния, когда появляются особенности, связанные с минеральным поглощением. Для старых дорог отражательная способность увеличивается в диапазоне длин волн от 2100 до 2200 нм и уменьшается в диапазоне от 2250 до 2300 нм [1]. Трещинообразные дефекты сопровождаются уменьшенной отражательной способностью. Некоторые подобные дефекты содержат также элементы зелёной растительности, что оказывает влияние на спектральный профиль в части характерных особенностей, присущих растительности.

Первоочередным мероприятием при анализе состояния дорожных покрытий является выделение дорожной сети с использованием методов классификации. В качестве исходных данных использовались фрагменты гиперспектрального аэроснимка территории Самарской области. Данные получены в 36 каналах видимого и ближнего инфракрасного диапазона спектра. Классификация позволяет произвести разделение всего дорожного покрытия, представленного на снимке, на несколько классов в зависимости от возраста и состояния. Так, на снимке с использованием метода спектрального угла (SAM) выделяется 3 вида асфальтового покрытия улично-дорожной сети, соответствующих трём обучающим классам (рисунок 1): асфальтовое покрытие первого рода (шоссе), асфальтовое покрытие второго рода (просёлочная дорога), асфальтовое покрытие третьего рода. Однако, вместе с тем, на обработанном изображении выделяются характерные элементы урбанизированной территории – крыши домов, их стены

и подъездные пути, имеющие схожие с дорожными покрытиями спектральные характеристики.





Асфальтовое покрытие первого рода (шоссе)
Асфальтовое покрытие второго рода (просёлочная дорога)
Асфальтовое покрытие третьего рода

Рис. 1. Классификация дорожной сети в окрестности кольцевой развязки (слева), спектральные характеристики трёх типов асфальтовых покрытий (справа)

Анализируя спектральные профили каждого из трёх типов асфальтового покрытия на основании вышеизложенных теоретических оснований можно сделать вывод о том, что асфальтовое покрытие первого рода (шоссе) является более новым по сравнению с асфальтовым покрытием второго рода (просёлочная дорога), т.к. покрытие первого рода обладает наименьшим средним по спектру коэффициентом отражения, в отличии от покрытия второго рода. Асфальтовое покрытие третьего рода имеет наибольший средний по спектру коэффициент отражения, являющийся следствием значительного возраста в сочетании с элементами краски дорожной разметки.

Оценку состояния асфальтового покрытия, как было упомянуто выше, можно произвести, используя специальный индекс *ARVNIRI*, рассчитывающийся в данном случае следующим образом:

$$ARVNIRI = \rho_{831,3} - \rho_{489,8}, \qquad (3)$$

где $\rho_{831,3}$ и $\rho_{489,8}$ – отражательная способность соответственно для длин волн λ=831,3 нм и λ=489,8 нм.

Анализ асфальтового покрытия с использованием данного индекса производился на основе фрагмента снимка с изображением кольцевого участка ав-

тодороги. Сначала построена маска дорожной сети, затем выполнена указанная арифметическая операция, в результате чего получено цветное индексное изображение, характеризующее состояние покрытия (рисунок 2). Фиолетовый цвет соответствует «свежему» асфальтовому покрытию, тёмно-красный цвет соответствует старому и изношенному покрытию.

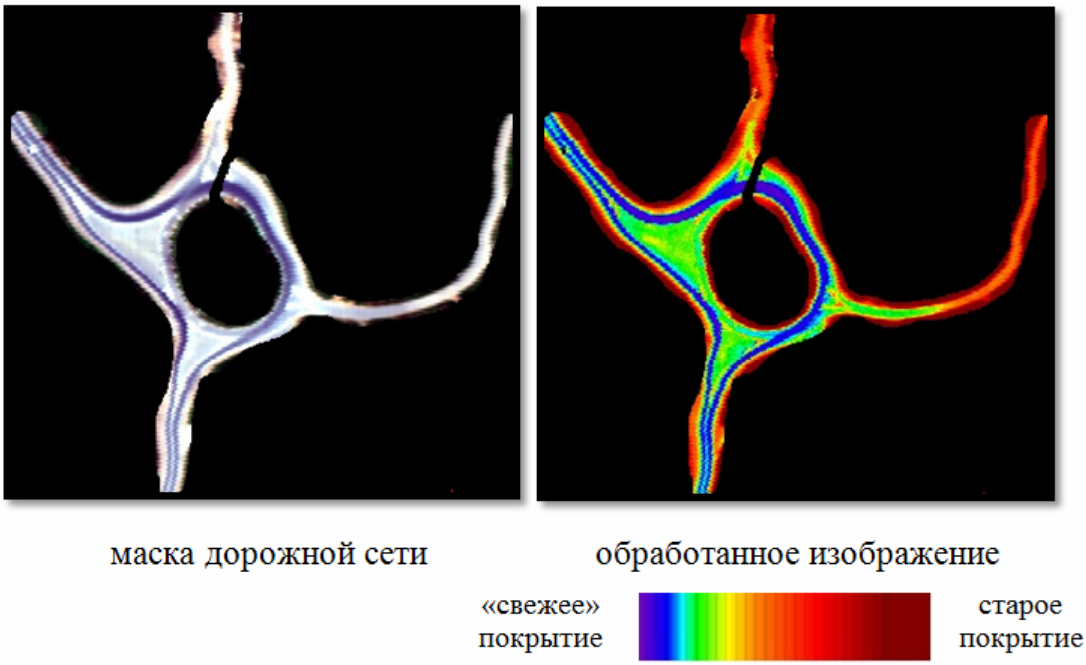


Рис. 2. Результат расчёта индекса *ARVNIRI*

Полученные результаты показывают возможности обнаружения, классификации и мониторинга объектов транспортной инфраструктуры по материалам гиперспектральной авиационной съёмки. Для тщательного и подробного анализа рекомендуется использовать данные наземных полевых гиперспектральных измерений.

Литература

1 Herold M., Roberts D., Gardner M. & P. Dennison 2004. Spectrometry for urban area remote sensing - Development and analysis of a spectral library from 350 to 2400 nm, Remote Sensing of Environment, 91, 3-4, 304-319.

2 Журавель Ю.Н., Федосеев А.А. Особенности обработки гиперспектральных данных дистанционного зондирования при решении задач мониторинга окружающей среды // Компьютерная оптика. Том 37. № 4. 2013. С. 471–476.

МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ ПРОГРАММЫ

А.И. Афанасова

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ МЕТОДЫ АЛГЕБРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ MATLAB*

(Ульяновский государственный университет)

1. Введение

При чтении дисциплин, связанных с вычислительной математикой, информатикой и программированием в Ульяновске в УлГУ (1989 год, Филиал МГУ им. Ломоносова) возникло проектно-ориентированное обучение, которое с 1995 применяется и в УлГТУ. Многие годы учебные задания по проектам выполнялись студентами на разных языках. Изначально это был Pascal, так как к моменту возникновения методики проектно-ориентированного обучения в Ульяновске он был основным изучаемым языком программирования, и затем C++. Однако в связи с широким использование MATLAB в инженерных расчётах студенты нуждаются в приобретении хороших, устойчивых навыков работы в этой системе. Поэтому актуальной является задача переориентации методики проектно-ориентированного обучения [1] на MATLAB. В данной работе представлены содержательные особенности построения нового учебного пособия [2].

2. Описание учебно-методического пособия

Учебно-методическое пособие [2] написано как дополнение к базовому учебнику [3] и вместе с ним составляет учебно-методический комплекс.

В результате разработки учебно-методического пособия на MATLAB созданы подробные пошаговые указания – инструкции к выполнению лабораторных проектов. Следуя данным инструкциям, студент, выполняя связанные между собой задания, в конечном итоге реализует законченный проект и закрепляет необходимые теоретические знания пройденного курса на практике.

Учебное пособие [2] содержит методические материалы для выполнения лабораторного практикума из раздела "Вычислительная линейная алгебра" по дисциплинам "Вычислительная математика", "Методы вычислений" и "Численные методы".

Пособие [2] состоит из введения, пяти разделов, списка литературы и приложения.

* Работа выполняется при частичной поддержке гранта РФФИ, проект № 14-07-00665.

В первом разделе учебного пособия [2] описаны основы работы в MATLAB – необходимые первоначальные сведения, которые должен получить студент, чтобы начать разработку своего проекта на MATLAB: работа в командной строке, создание программы и GUI-приложений.

Во втором разделе приводятся общие требования к подготовке и сдаче студентами лабораторных проектов.

В третьем, четвертом и пятом разделах приводится подробное описание трех лабораторных проектов ("Стандартные алгоритмы LU-разложения", "Разложения Холесского", "Ортогональные преобразования") с изложением теоретического материала, вариантами заданий и примерами тестовых задач. Каждый из этих трех разделов содержит пошаговую инструкцию для выполнения лабораторного проекта, а также многочисленные примеры программных кодов изучаемых алгоритмов из раздела вычислительной алгебры.

В списке литературы представлены дополнительные источники знаний, в которых студент может найти интересующую его информацию по вычислительным методам алгебры или MATLAB.

В приложении представлен пример отчета по выполненному лабораторному проекту. Объем этого примерного отчёта составляет 30 страниц.

3. Заключение

Разработанное учебно-методическое пособие [2] в настоящее время (весенний семестр 2013/2014 учебного года) проходит опытную апробацию. Студенты проявляют практический интерес к освоению новой методики и дают положительные отзывы о проектно-ориентированном изучении дисциплины "Вычислительные методы алгебры" на основе MATLAB-программирования. Дальнейшая работа нацелена на расширение спектра изучаемых методов вычислительной линейной алгебры, включая задачи оценивания (метод наименьших квадратов) и проекты других дисциплин математического цикла.

Литература

1. Семушин, И.В. Опыт проектно-ориентированного обучения в университетах Ульяновска / И.В. Семушин, В.В. Угаров, Ю.В. Цыганова, А.И. Афанасова, И.Н. Куличенко // Международная научно-техническая конференция "Перспективные информационные технологии (ПИТ-2014)" (Самара, 30 июня - 4 июля 2014 г.).

2. Семушин, И.В. Вычислительные методы алгебры с использованием МАТЛАБ: учебно-методическое пособие / И.В. Семушин, Ю.В. Цыганова, А.И. Афанасова. – Ульяновск: УлГУ, 2014. - 88с. (в печати)

3. Семушин, И.В. Вычислительные методы алгебры и оценивания : учебное пособие / И.В. Семушин. – Ульяновск : УлГТУ, 2011. – 366 с. ISBN 978-5-9795-0902-0

Н.Н. Васин, Е.А. Иванова, А. А. Ирбахтин,
А.А. Милованова, Д.В. Муллова, Е.Ю. Уланова

ИНТЕРАКТИВНЫЙ КУРС ТРАНСПОРТНЫЕ СЕТИ С КАНАЛЬНОЙ И ПАКЕТНОЙ КОММУТАЦИЕЙ НА ОСНОВЕ ОБОРУДОВАНИЯ МСТО И CISCO

(Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики)

В связи с развитием инновационных инфокоммуникационных технологий возникла необходимость перехода на новый уровень обучения студентов по интерактивным методикам. Это обеспечит наиболее индивидуальный подход к каждому студенту, позволит максимально освоить теоретический материал и получить практические навыки работы с разнообразным транспортным оборудованием как на основе оборудования сетей с пакетной коммутацией, так и сетей с коммутацией каналов, примером которых являются сети синхронной цифровой иерархии SDH. Комплекс такого оборудования установлен на базовой кафедре ОАО «Ростелеком» Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики (ПГУТИ).

Одной из основных целей данной работы является создание учебно-методического комплекса «Принципы построения транспортных сетей» на основе модульного сетевого транспортного оборудования (МСТО), а также коммутаторов и маршрутизаторов фирмы CISCO с использованием оптической и медной среды передачи информации. Учебно-методический комплекс включает в себя интерактивный курс лекций, тестовые и практические задания, а также методические разработки по выполнению лабораторных работ на оборудовании МСТО и CISCO. Для создания интерактивного курса была использована среда дистанционного обучения – Moodle, где созданы электронные обучающие ресурсы. Так как доступ к Moodle осуществляется через Интернет, студенты могут использовать данную систему в любое время и в любом месте.

Модульное сетевое транспортное оборудование МСТО разработано на кафедре линий связи и измерений в телекоммуникационных системах ПГУТИ. Оборудование МСТО позволяет организовать по волоконно-оптическим кабелям передачу цифровых потоков уровня STM-1 (155,52 Мбит/с) или STM-4 (622,08 Мбит/с). Агрегирование указанных потоков реализуется путем мультиплексирования трибутарных (компонентных) потоков уровня E1 (2048 кбит/с), Fast Ethernet (100 Мбит/с) или Gigabit Ethernet (1000 Мбит/с). Поэтому в оборудовании МСТО используется два вида модулей: линейные и трибутарные. Все модули построены на основе программируемых логических интегральных схем (ПЛИС), что облегчает проектирование новых модулей и производство разработанных. Разработанные модули серийно выпускаются ОАО «Юрьев-Польский завод «Промсвязь»». Линейные образуют магистраль по волоконно-

оптическому кабелю, трибутарные – доступ (подключение) компонентных потоков E1, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet к магистрали по медным кабелям.

Благодаря открытой архитектуре, в процессе эксплуатации сетевой элемент NE-МСТО легко может быть подвергнут модернизации подключением дополнительных модулей или исключением избыточных. Оборудование МСТО отличается от аналогов существенным упрощением построения аппаратной части, что позволяет производить его не на многослойных печатных платах (до 4 слоев) и отказаться от использования схемы Back Plane.

Преимущества оборудования МСТО заключаются в следующем:

1. Возможность использования любой топологии сети согласованной с CWDM, OTN;
2. Обеспечение связи практически на любых расстояниях;
3. Сравнительно простые инсталляция и обслуживание;
4. Высокий уровень предоставляемых услуг;
5. Использование многообразных интерфейсов;
6. Высокая надежность и низкая стоимость за счет переноса функций оборудования с аппаратной части (которая упрощена в несколько раз по сравнению с аналогами) в программную часть;
7. Поддержание практически любой комплектации модулей с любыми функциями и интерфейсами;
8. Сетевой элемент может состоять из одного, нескольких модулей, размещаемых в настольных корпусах или в каркасах стандартных телекоммуникационных стоек.

Принципы построения транспортных сетей в настоящем курсе изучаются на примере сети, которая включает транспортное кольцо, выполненное на мультиплексорах, являющихся устройствами с коммутацией каналов, а также на маршрутизаторах и коммутаторах сетей с коммутацией пакетов. Линейные интерфейсы мультиплексоров соединены волоконно-оптическим кабелем, образуя кольцо, по которому передается агрегированный поток данных. Подключение маршрутизаторов реализуется через интерфейсы Fast Ethernet. Учебная транспортная сеть включает два соединенных между собой оптических кольца. Соединение реализуется через корпоративную сеть ПГУТИ. Причем, первое кольцо территориально расположено в корпусе №1, а второе кольцо – в корпусе №2. Корпуса находятся на расстоянии порядка 10 км.

Аппаратура сетей с пакетной коммутацией представлена коммутаторами серии Catalyst 2900 и маршрутизаторами серии 2800 фирмы CISCO. Совокупность среды Moodle и сети на основе оборудования МСТО и CISCO дает возможность студентам в полной мере изучить принципы построения транспортных сетей и получить практические навыки работы.

А.О. Григорьев

ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКИЙ ИНТЕРФЕЙС ВИРТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «3DUCATION»

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

Система дистанционного обучения «3Ducation» – образовательная система, основанная на технологии виртуальных реальностей. Благодаря использованию всевозможных средств мультимедиа: анимированных трехмерных моделей, звуков, музыкального сопровождения, она позволяет проводить обучение детей в игровой форме, что способствует повышению интереса к учебе. Вместе с тем в связи со спецификой целевой аудитории проекта выдвигаются повышенные требования к удобству, простоте и визуальной привлекательности пользовательского интерфейса.

При разработке интерфейса сайта были сформулированы некоторые ключевые особенности, которыми он должен обладать. Так, помимо «полноценного» режима были введены два демонстрационных: пользователь может быстро и без регистрации опробовать в деле версию системы с ограниченными возможностями (кнопка «DEMO») или посмотреть видеоролик, показывающий возможности системы (кнопка «VIDEO»). При этом управляющие элементы для запуска этих режимов должны быть на виду, чтобы начинающий пользователь сразу их заметил. Опытному игроку они могут не пригодится, поэтому они не должны быть слишком броскими и привлекающими к себе внимание пользователя. В результате кнопки «DEMO» и «VIDEO» были включены в общее оформление проекта, но размещены в крайних областях экрана и в неактивном состоянии не бросаются в глаза. Однако при наведении на них курсора мыши активируется анимация, демонстрирующая скриншоты из демонстрационных версий проекта. На рис. 1 приведена главная экранная форма сайта «3Ducation», на рис. 2 экранная форма «Разработчики», где приведена краткая информация о разработчиках проекта.

Анимированные вставки встречаются во многих деталях пользовательского интерфейса системы. Они используются для того, чтобы указать ученику на активные элементы системы. Так, внимание любого пользователя сразу привлечет большая светящаяся кнопка «Вход», пульсирующая при наведении мыши и открывающаяся при нажатии.

Практически вся анимация производится на программном уровне. Это связано в первую очередь с интерактивностью интерфейса. Система реагирует на действия пользователя, но она должна реагировать и на прекращение действия, поэтому анимация обратима и в любой момент может плавно прекратиться, если пользователь переключится на другую часть системы.

В процессе разработки возникли сложности при выборе формата изображений: формат gif не поддерживает альфа-канал, только бинарную прозрач-

ность, а apng до сих пор не поддерживается многими браузерами. Поэтому для анимации используются наборы изображений формата png и скрипты на языке javascript, а также некоторые атрибуты таблиц стилей, такие как координаты и прозрачность. Для реализации вращения пришлось прибегнуть к элементу canvas, появившемуся в html5.

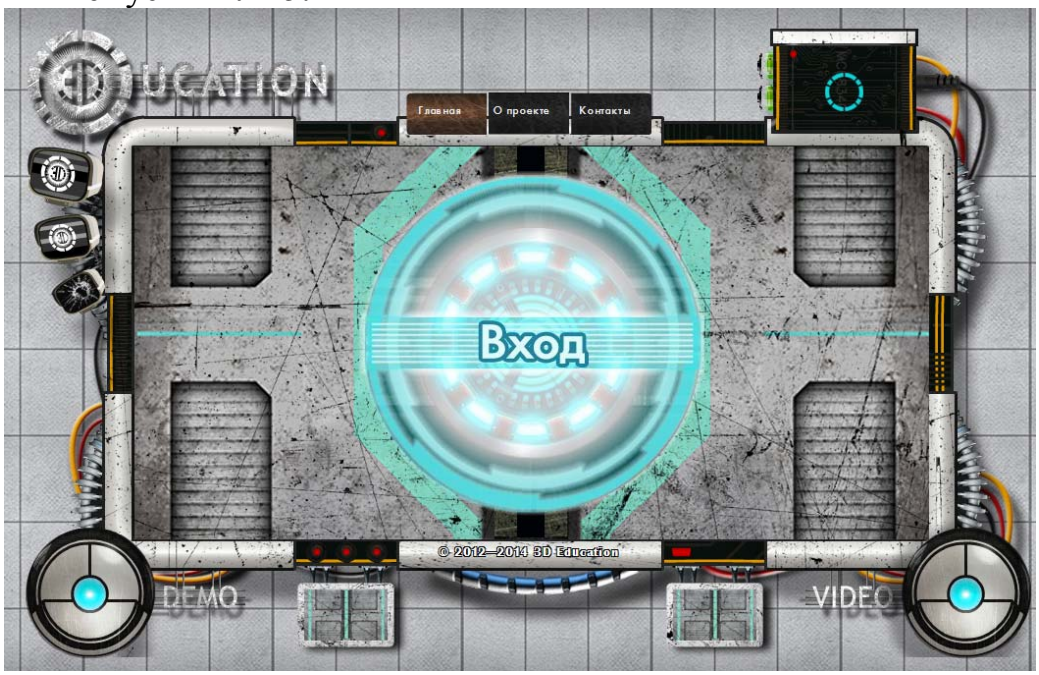


Рис. 1. Главная страница сайта «3Ducation»

Рис. 2. Страница сайта «Разработчики»

Динамическое изменение стилей страницы потребовалось и для того, чтобы включить в интерфейс сам unity-проект. Дело в том, что при встраивании unity-объекта в страницу происходит частичное изменение ее html-кода, и после успешного встраивания необходимо восстановить сбитые параметры таблицы

стилей. Кроме того, unity-объект отображается поверх всех прочих элементов страницы, так что дизайн пришлось разрабатывать таким образом, чтобы никакой другой элемент не налагался на рабочую область.

Н.А. Зинина, С.А. Пиявский, З.Ф. Камальдинова, Л.С. Сусленкова

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ОПЕРАТИВНЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ВУЗА С ОДАРЕННЫМИ ШКОЛЬНИКАМИ В РАМКАХ СИСТЕМЫ ОДАРМОЛ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

В условиях модернизации российского образования одной из важных задач является проблема выявления, поиска, поддержки и развития одаренной молодежи. Без всякого сомнения, склонности к разным видам деятельности, особенно талант и гениальность, всегда ценились. Люди, которые владеют этим в большей или меньшей мере, всегда добиваются успеха, не стоят на месте и играют определяющую роль в развитии, как в социально-культурной, так и в экономической сферах жизни.

В 2012 году министерство образования и науки РФ поручило создать автоматизированную систему мониторинга взаимодействия крупнейших университетов страны с общеобразовательными учреждениями в направлении развития одаренности старших школьников в рамках соответствующих мероприятий Федеральной целевой программы развития образования на 2011-2015 годы. Такая система под названием ОДАРМОЛ вскоре была создана. В настоящий момент в ее состав входит более 50 университетов страны, 330 общеобразовательных учреждений из 44 субъектов РФ. По данным системы, Самарская область вошла в первую пятерку субъектов РФ по активности работы с одаренной молодежью.

Система ОДАРМОЛ:

- стимулирует и координирует массовое формирование в стране очных или дистанционных исследовательских микроколлективов, нацеленных на выполнение учащимися серии профориентирущих индивидуальных проектов исследовательской направленности, системно развивающих их творческие способности;
- предоставляет каждому учащемуся «Персональный журнал молодого исследователя», позволяющего систематизировать ход его работы над индивидуальным проектом;
- предоставляет (с учетом прав доступа) руководителям и специалистам университетов, общеобразовательных организаций, органов управления в сфере образования различных уровней первичную и агрегированную информацию, позволяющую направлять и контролировать ход работы микроколлективов, а также оценивать состояние работы с одаренной молодежью в зоне их интересов.

В рамках проекта реализована технология мониторинга взаимодействия школьника с научным консультантов в процессе выполнения индивидуальной работы, тем самым предоставляя информацию для отчетов, позволяющих оценивать ситуацию в разрезе консультирования.

Но одной из составляющих учебно-воспитательного процесса является личностное развитие школьника. В связи с этим в системе разработан и реализован модуль мероприятий. Каждый вуз имеет возможность публиковать мероприятия по направлениям: наука, культура, спорт, общественная деятельность и др. Школьник может принять участие в любом мероприятии, предварительно подав online-заявку на участие.

Формализованная структурная схема разработанной информационной системы организации и управления оперативным взаимодействием подразделений вуза с одаренными школьниками в рамках системы ОДАРМОЛ представлена на рисунке 1.

Широкий выбор мероприятий представленный различными вузами, стимулирует как научно-исследовательскую, так внеучебную деятельность учащихся. Таким образом, школьник развивается как многогранная личность, определяет для себя ценности в науке, культуре, спорте, общественной деятельности.

В системе реализован мониторинг активности вузов по проведению и качеству мероприятий. Данный мониторинг способствует активированию деятельности вузов, которые еще не начали творческую деятельность со своими учащимися.

В работе используется несложный математический аппарат, выполняющий расчет рейтинга активности каждого школьника, с учетом выбранных критериев:

- квалификационный уровень школьника на текущем этапе выполнения индивидуальной работы;
- рейтинг посещений персонального журнала школьником;
- творческий рейтинг школьника (на основе участия в конференциях);
- рейтинг достижений школьника (на основе участия мероприятиях через систему ОДАРМОЛ).

Главная задача – это создание максимально комфортных условий для развития способностей и задатков школьников. Воспитание высококвалифицированных специалистов, способных применять свои навыки и умения, это не единовременное мероприятие, а трудоемкий процесс.

В результате работы над проектом была изучена предметная область [1-5], а также проведен сравнительный анализ систем и вузов, которые занимаются со школьниками [6-10]. Также изучена литература по проектированию информационных систем [11-12].

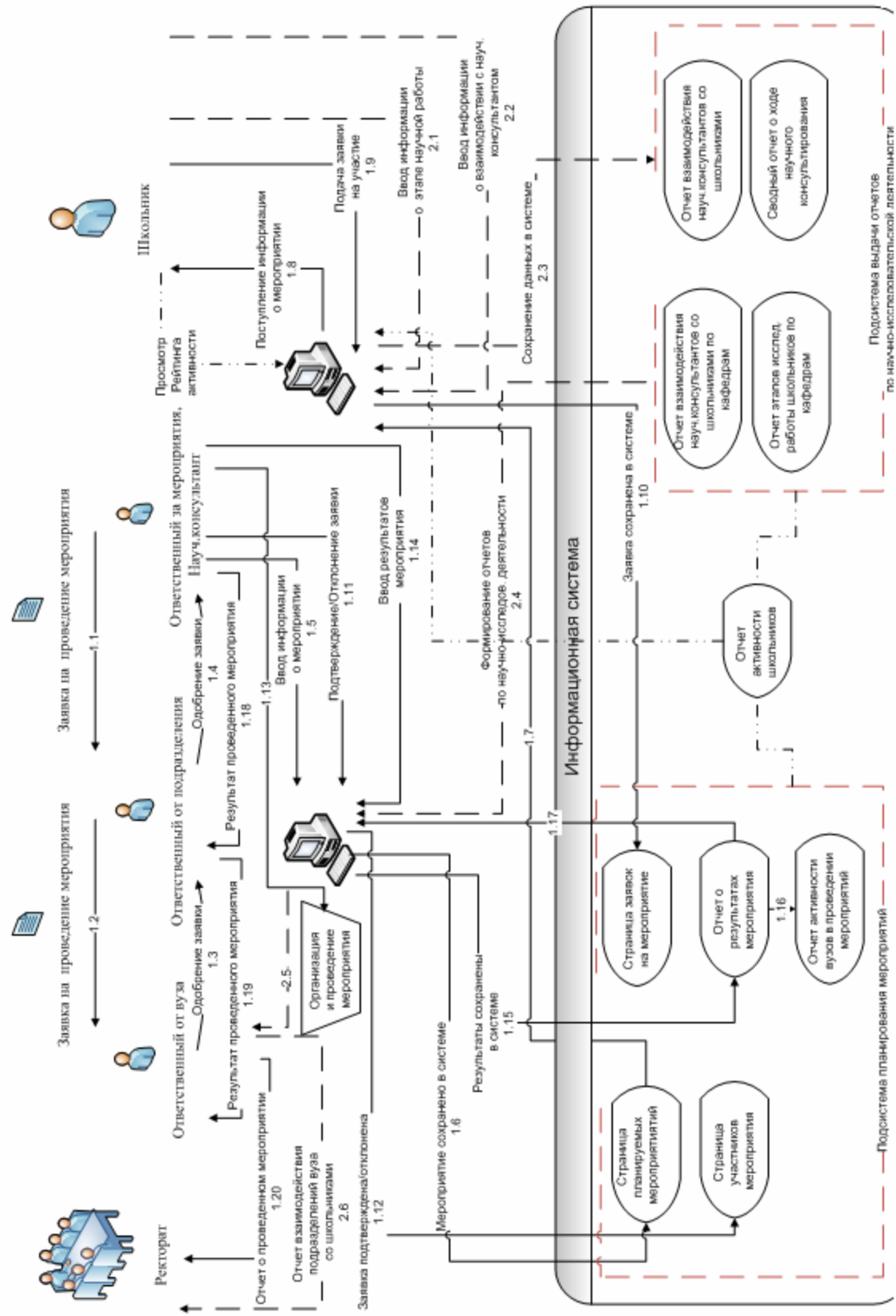


Рис. 1. Формализованная структурная схема разработанной информационной системы организации и управления оперативным взаимодействием подразделений вуза с одаренными школьниками в рамках системы ОДАРМОЛ

Литература

1. Молодой ученый создает не только науку, но и имидж вуза [Электронный ресурс] // Режим доступа URL: http://rosmu.ru/activity/opinions/59.html

2. Пиявский С.А., Кагерманьян В.С., Маркова Н.А. Система поиска, развития, поддержки и профессионально-творческой подготовки одаренной молодежи и закрепления ее в региональной инфраструктуре научно-исследовательской деятельности. – М., 2003. – 60 с. (Содержание, формы и методы обучения в высшей школе: Аналитические обзоры по основным направлениям развития высшего образования / НИИВО; Вып.9)

3. Проект Концепции общенациональной системы выявления и поддержки молодых талантов [Электронный ресурс] // Режим доступа URL: www.park.futurerussia.ru/extranet/blogs/aadamchuk/204/

4. Умная Школа: Законопроект Об образовании в Российской Федерации [Электронный ресурс] // Режим доступа URL: http://умная-школа.рф/wiki/edu/education_law/glava12.upravleniesistemoiobrazovaniya.gosudarstvennayareglamentaciyaobrazovatelnoideyatelnosti/

5. Концепция российской национальной системы выявления и развития молодых талантов [Электронный ресурс] // Режим доступа URL: http://edu.glavsprav.ru/spb/vpo/journal/428/

6. Российская научно-социальная программа для молодежи и школьников «Шаг в будущее» [Электронный ресурс] // Режим доступа URL: http://www.step-into-the-future.ru

7. Национальная образовательная программа "ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНО-ТВОРЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ РОССИИ" [электронный ресурс] // Режим доступа URL: http://future4you.ru/

8. Программа Intel® ISEF [Электронный ресурс] // Режим доступа URL: http://www.intel.ru/content/www/ru/ru/education/competitions/international-science-and-engineering-fair.html

9. Центр по работе с одаренной молодежью СПбГЭТУ «ЛЭТИ» [Электронный ресурс] // Режим доступа URL: http://www.eltech.ru/ru/obrazovatelnaya-deyatelnost/centr-po-rabote-s-odarennoy-molodezhyu

10. Ленинградский областной центр развития творчества одаренных детей и юношества «Интеллект» [Электронный ресурс] // Режим доступа URL: http://intellect.lokos.net/

11.Дерябкин, В.П. Проектирование автоматизированных систем обработки информации и управления: курс лекций [Электронный ресурс]. – Самара: СГАУ, 2001. – 120 с.;

12.Иващенко, А. В. Основы методологий проектирования автоматизированных систем обработки информации и управления [Текст]: учебное пособие для вузов. – Самара: СНЦ РАН, 2009. – 40 с.

В.С. Иванов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ГРАФИЧЕСКОГО РЕДАКТОРА СВЯЗЕЙ УЧЕБНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «3DUCATION»

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Для обучающих систем очень важным аспектом является представление учебных материалов в определенно заданном порядке. Грамотно проложенная траектория обучения может способствовать повышению интереса ученика к учебному процессу, а также лучшему освоению непосредственно самого материала.

В рамках разработки дистанционной обучающей системы «3Ducation» появилась необходимость создания удобного инструмента, позволяющего выставлять связи между различными видами учебных материалов.

В ходе проектирования редактора были изучена уже использующиеся технологии в смежных подсистемах, а также выбраны новые программные средства для разработки. Так как редактор должен был быть интегрирован в интерфейс web-части системы, было решено использовать JavaScript-библиотеку ExtJS. Для связи самих элементов страницы, обозначающих учебные материалы был выбран jsPlumb – удобный плагин для библиотеки jQuery, позволяющий создавать различные схемы и графы на web-страницах. В системе для взаимодействия web и серверной частей используется ASP.NET MVC Framework, а для взаимодействия серверной части с базой данных – ADO.NET Entity Framework.

Помимо этого, был создан информационно-логический проект, включающий в себя диаграммы классов, вариантов использования и последовательности, последнюю из которых можно увидеть на рис. 1.

Для сохранения координат элементов графа потребовалось добавить в базу данных дополнительную сущность, связанную с сущностями «Тема», «Содержимое темы» и «Пользователь» внешними ключами.

Для серверной части редактора курсов были выделены следующие функции: получение списка курсов или тем, получение дочерних элементов для выбранного учебного материала, а также сохранение изменений в базу данных.

В клиентской части граф проверяется на отсутствие кратных ребер, и двусторонних ребер. Помимо этого, был разработан алгоритм нахождения наличия циклов при добавлении нового ребра, который учитывает предыдущую структуру графа и не допускает включение в систему ребра, если оно ведет к образованию циклов. Алгоритм нахождения циклов является рекурсивным обходом графа вглубь: начальной точкой обхода является последнее добавленное ребро, входными параметрами рекурсивной функции по очереди становятся все исходящие ребра той вершины, в которую входило исходное ребро, и так далее.

Разработанный алгоритм обеспечивает представление графа освоения в корректном виде.

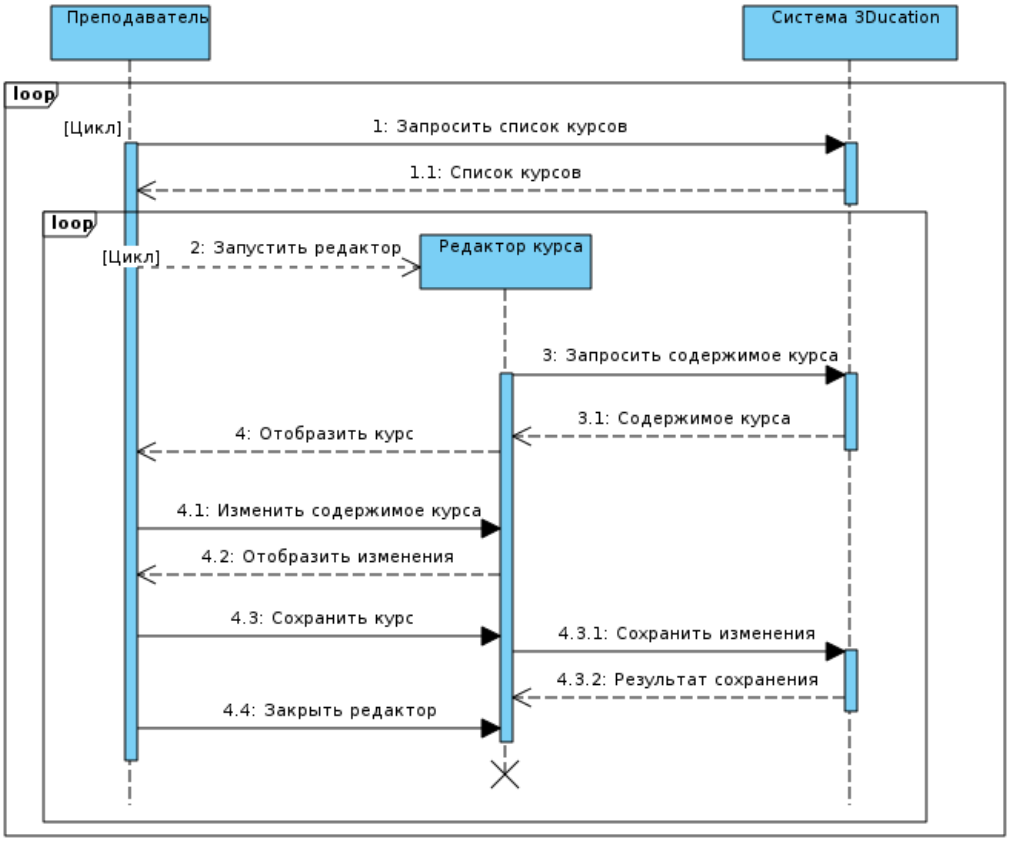


Рис. 1. Диаграмма последовательности для процесса редактирования курсов

Интерфейс реализованного редактора связей между учебными материалами представлен на рис. 2.

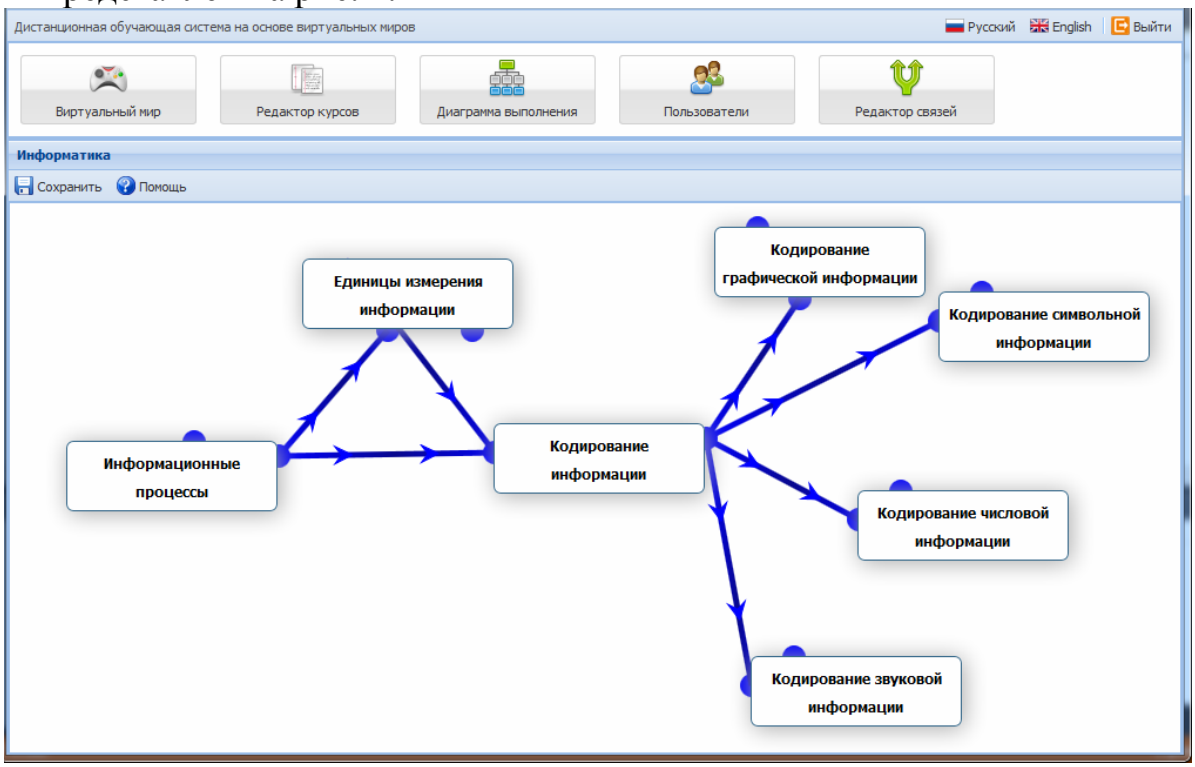


Рис. 2. Интерфейс редактора связей

Д.Р. Камалиев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОЦИАЛЬНЫХ СЕРВИСОВ WEB 2.0 ВО ВНЕУЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СО ШКОЛЬНИКАМИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королёва)

Социальные сетевые сервисы широко применяются в образовании. Их использование возможно практически во всех предметных сферах. С возникновением Web 2.0 практически у каждого человека изменилось отношение к интернету в целом. Учителя предметники начинают работать с сервисами сети Интернет в образовательных и воспитательных целях, при внеклассной работе и творческой деятельности. Раньше интернет среди преподавательского коллектива считался бесполезным развлечением и пустой тратой времени в лучшем случае, а в худшем - чем-то вредным и развращающим, либо собранием некачественных готовых докладов и некорректной информации, то за последние годы взгляд на Сеть приобрел положительный характер, и сетевые социальные сервисы помогли достичь этого. С возможностями социальных сервисов web 2.0 можно познакомиться в работе [1].

Во время своей педагогической практики мы решили во внеурочное время обучить учеников использовать социальные сервисы web 2.0. Рассказать про социальные сервисы без практики, было бы неинтересно, поэтому возникла идея провести свое обучение с помощью интернет-олимпиады. Первым этапом была выделена разработка интересных заданий, где каждому заданию соответствовал один сервис. Олимпиада проходила в 4 этапа, но перед началом олимпиады было проведено ознакомление всех участников с каждым сервисом.

На первом этапе каждая команда, основываясь на информации о каждом участнике проекта, должна была создать «Визитную карточку» используя социальный сервис [2]. Это задание для детей оказалось занимательным и интересным, у каждого участника горели глаза при выполнении задания. Задание выполнили без особых затруднений.

На втором этапе им нужно было:

- по предложенной дате определить имя исторического персонажа, с которым она связана;
- найти информацию об этом персонаже;
- создать презентацию, посвященную данным персонажам.

Презентацию интернет-проекта по информатике «Компьютерное путешествие» им нужно было разместить с помощью сервиса Calameo [3].

Третий этап олимпиады выполнялся с помощью ленты времени [4]. Лента времени (лента событий) используется для создания исторических линеек. Лента времени — это временная шкала, на которую в хронологической последовательности наносятся события. Каждое событие может быть представлено в виде:

– даты события;
– названия события;
– краткого описания события;
– иллюстраций;
– ссылок на другие ресурсы, описывающие это событие.

На ленте времени могут быть отображены временные диапазоны, объединяющие события на определенных исторических этапах. Каждая команда сама придумывала, что описать с помощью этого сервиса.

И наконец, заключительный этап. На этом этапе интернет-проекта было предложено детям:

– собрать впечатления каждого участника команды об интернет-проекте, представленные в виде нескольких слов, словосочетаний и предложений;
– зафиксировать все мнения в едином текстовом документе;
– открыть выбранный для создания облака эмоций сервис [5];
– вставить созданный текст;
– настроить облако по желанию (применяя настройки избранного сервиса);
– сохранить облако эмоций в виде изображения.

Участниками интернет олимпиады являлись ученики среднего и старшего звена. Все участники команд были заинтересованы в изучении предложенных сервисов, каждая команда старательно изучала сервисы web 2/0. На наш взгляд кажется, что среда информационных приложений открывает принципиально новые возможности для деятельности, в которую чрезвычайно легко вовлекаются люди, не обладающие никакими специальными знаниями в области информатики. Новые формы деятельности связаны как с поиском в сети информации, так и с созданием и редактированием собственных цифровых объектов – текстов, фотографий, программ, музыкальных записей, видеофрагментов. Участие в новых формах деятельности позволяет осваивать важные информационные навыки – повторное использование текстов и кодов, использование метатегов и т.д.

В таблицах 1-4 приводятся фрагменты результатов каждого этапа олимпиады и рекомендации.

Таблица 1. Визитная карточка

Задание: основываясь на информации о каждом участнике проекта, создать «Визитную карточку», используя социальный сервис SlideShare.	

Впечатление от выполненного задания**:** задание увлекло всех участников, так как сервис очень красочный. И после загрузки своей презентации ее удобно и легко просматривать.

Таблица № 2. Компьютерное путешествие

Задание: – по предложенной дате определить имя исторического персонажа, с которым она связана; – найти информацию об этом персонаже; – создать презентацию, пользуясь социальным сервисом Calameo	

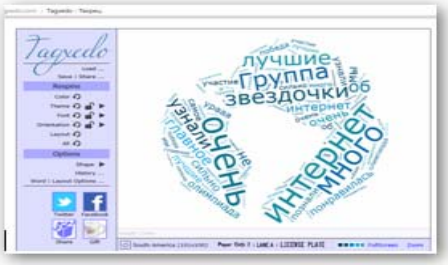
Впечатление от выполненного задания: задание выявило особый интерес у учеников старших классов, файлы можно закачивать в виде презентаций и в виде книжек. Для средних классов трудновато показалось создавать книжечки, а с презентациями они справились быстро.

Таблица № 3. Лента времени

Задание: Лента времени (лента событий) используется для создания исторических линеек. Лента времени — это временная шкала, на которую в хронологической последовательности наносятся события. Каждый участник делал свою ленту времени.	

Впечатление от выполненного задания. Всем участникам понравился сервис. Для учеников средних классов задание оказалось сложноватым, так как сервис англоязычный. Старшие классы выполнили задание без особых проблем.

Таблица 4. Облако эмоций

Задание**:** поделиться впечатлениями об участии в проекте в формате облака эмоций с использованием сервиса генерации облаков ключевых слов.	

Впечатление от выполненного задания**:** у школьников горели глаза при выполнении задания, каждый придумывал что-то свое, оригинальное. Задание особенно интересно для 5-8 классов, старшеклассникам оно показалось скучноватым.

Литература

1. Патаракин Е. Д. «Социальные взаимодействия и сетевое обучение 2.0» —М. : НП «Современные технологии в образовании и культуре», 2009. - 176 с.
2. Социальный сетевой сервис SlideShare [электронный ресурс] – Режим доступа. URL: http://www.slideshare.net/ .
3. Социальный сетевой сервис Calameo [электронный ресурс] – Режим доступа. — URL: http://www.calameo.com/ .
4. Социальный сетевой сервис Timetoast [электронный ресурс] – Режим доступа. — URL: http://www.timetoast.com .
5. Социальный сетевой сервис Tagxedo [электронный ресурс] – Режим доступа. — URL: http://www.tagxedo.com/app.html .

Е.И. Колесникова, Т.В. Колесникова

ПАМЯТЬ КАК ОБЪЕКТ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

В настоящее время ведутся различные разработки в области робототехники, биотехнологий, кибермедицины, исследований мозга и сознания человека. Так в [1] ведется моделирование отдельных психических процессов мозга человека.

Для формирования компетентности студентов очень важны процессы памяти, являющиеся профессионально важной характеристикой. Систематизируем представления о памяти как о психическом процессе.

Широко известны исследования Г. Эббингауза, который предложил прием, позволяющий отделять память от деятельности мышления. Он заключался в заучивании бессмысленных слогов. Г. Эббингаузом был сделан вывод, что систематическая, без перегрузок познавательная деятельность, с периодическими повторениями намного эффективнее, чем концентрированное заучивание

большого объема информации в короткие сроки вызывают почти полное забывание через неделю [2].

На начальном этапе изучение процессов памяти ограничивалось лишь исследованием ее у человека и было скорее изучением специальной сознательной мнестической деятельности, как процесса преднамеренного заучивания и воспроизведения следов, нежели процессом анализа естественных механизмов запечатления следов, в одинаковой степени проявляющихся как у человека, так и у животного.

Исследования сложнейших форм произвольной мнестической деятельности, в которых процессы памяти связывались с процессами мышления, были существенно дополнены советскими исследователями. Они обратили внимание на законы, лежащие в основе непроизвольного запоминания, и детально описали формы организации запоминаемого материала, которые происходят в процессе сознательного, осмысленного заучивания. Эти исследования, принадлежащие советским психологам А. А. Смирнову и П. И. Зинченко, которые раскрыли новые и существенные законы памяти как осмысленной человеческой деятельности, осветили зависимость запоминания от поставленной задачи и описали основные приемы запоминания сложного материала. Нуркова В.В. изучает психологию автобиографической памяти, оперирующую воспоминаниями о личностно значимых событиях и состояниях. Ее функционирование сопровождается особым состоянием автоноэзиса и служит основой переживания себя как уникального, протяженного во времени, тождественного самому себе субъекта[3].

Тот факт, что воспоминания о себе качественно отличаются от деперсонализированных воспоминаний, в последние годы осознает все большее количество специалистов. Значимость исследований автобиографической памяти диктуется в первую очередь насущными запросами практики. Например, более 90 % обвинительных приговоров в суде базируется на признаниях обвиняемых и показаниях свидетелей, которые, безусловно, являются продукцией автобиографической памяти. Поэтому сформировалась потребность в профессиональной психологической экспертизе достоверности автобиографических воспоминаний, то есть в построении целостной теории и моделей этого вида памяти.

В настоящее время предпринимаются попытки компьютерного моделирования психического процесса памяти. Одним из первых примеров можно упомянуть разработанную в 1982 году программа Lifeline на языке PASCAL, представляющую собой компьютерную версию каузометрии (метода анализа и проектирования жизненного пути). Принцип ее работы основан на идеях причинно-целевой концепции психологического времени, главная из которых состоит в следующем: течение времени в душе человека и его психологический возраст зависят от того, как связаны между собой значимые события его жизни. Программа основана также на самых общих идеях психологии жизненного пути, согласно которым личностные особенности могут быть описаны на языке жизненных событий и их взаимосвязей [4]. В СГАСУ ведутся разработки моде-

ли профессором С.А. Пиявским, которая основана на сопоставлении работы внешних образов и внутренних воспоминаний.

Принимая во внимание тот факт, что память является профессионально важной характеристикой для большинства специальностей, представляется актуальным разработка тренажеров, способствующих развитию мнемических способностей человека. Но, большинство существующих тренажеров памяти предлагают сразу развивать память и не учитывают оптимальный способ запоминания каждого, не ориентированы на индивидуальные особенности.

Мы считаем, что сосредотачиваясь на памяти как на психическом процессе для разработки мнемотренажера необходимо рассматривать память как объект компьютерного моделирования во взаимосвязи с другими психическими процессами, такими как внимание, уровнем физиологического тонуса, настроением, системой потребностей и интересов личности, а также учитывать структуру личности. Каждый из этих параметров нами предлагается диагностировать с помощью опросника, в котором часть заданий представлена вопросами, касающимися стиля запоминания, включающий в себя режим, объем, время запоминания, фактор, связанный с режимом жизни (уровень утомления, определить, что лучше запоминается цифры или образы). Часть заданий представлена в графическом виде.

Для начала пользователю предлагается определить объем кратковременной памяти. Пользователю предлагается первый числовой ряд, состоящий из 6 цифр, затем ему предлагается записать этот числовой ряд. Затем это повторяется со вторым, третьим и т.д. рядами. После этого, тренажер выдает результат правильно записанных чисел. Это число должно быть близко к 7±2 (число Миллера) [5]. Если число у пользователя находится в этих границах, то у него проблемы запоминания связаны не с объемом кратковременной памяти, а имеют другую природу.

Следующий этап работы тренажера – проверка зрительной памяти. На экран отображается изображение и пользователю предлагается воспроизвести символы, расположенные на изображении. Затем тестируется слуховая память, способность человека к запоминанию с помощью ассоциации, предлагается пройти тест самочувствие, активность, настроение. Начальная стадия разработки – оценить уязвимые места пользователя и указать возможный путь повышения эффективности запоминания, который может выражаться в оптимизации режима дня или же предлагаются набор упражнений по развитию ассоциативной памяти. Например, пользователь не умеет строить ассоциации при запоминании, зато имеет хорошую слуховую память, поэтому информацию необходимо проговаривать вслух.

Проблема памяти как объекта компьютерного моделирования является многомерной, связанной с другими психическими процессами и психологическими особенностями. Этот комплексный подход реализуется нами при выполнении госзадания вузам (проект НИР № 553) и предназначен в целом для повышения эффективности обучения в вузе.

Тренажер разработан на языке программирования C++, база данных Microsoft Access 2003.

Литература

1. Стратегическое общественное движение «Россия 2045» [Электронный ресурс].- URL: http://www.2045.ru (Дата обращения 09.05.2014 г).
2. Столяренко, Л.Д. Основы психологии / Л.Д. Столяренко.- Ростов н/Д.: Издательство «Феникс», 1996. – 736 с.
3. Нуркова, В.В. Свершенное продолжается: Психология автобиографической памяти личности / В.В. Нуркова. - М.: Издательство «УРАО», 2000. – 230 с.
4. Кроник, А.А. Lifeline и другие новые методы психологии жизненного пути / А.А. Кроник. - М.: Издательская группа «Прогресс» - «Культура», 1993. - 230 с.
5. Сонин, В.А. Психологический практикум: задачи, этюды, решения./ В.А. Сонин. - Смоленск: Издательство СГПУ, 1995 г. – 144 с.

Д.А. Конопелькин

ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ МОБИЛЬНОГО КЛИЕНТА ДЛЯ ВИРТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «3DUCATION» НА ПЛАТФОРМЕ ANDROID

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

В современном мире большая часть населения имеет как минимум одно мобильное устройство (телефон или планшет), поэтому можно пользоваться возможностями мобильных систем для улучшения доступа к образовательным ресурсам, а так же для повышения качества. Мобильные устройства могут стать подспорьем в сфере образования, они смогут обеспечить доступ учащихся к дистанционным обучающим системам, укрепить мотивацию учащихся, привить им интерес к обучению, а также улучшить информационный обмен.

Система «3Ducation разрабатывается на кафедре программных систем и представляет собой виртуальную обучающую среду, построенную на следующих принципах: игровом подходе и технологии виртуальной реальности, которая дает возможность создавать 3-хмерную модель обучающего пространства и интерактивно взаимодействовать с объектами, созданными в нем. Перевод системы на мобильные платформы стал возможен благодаря тому, что современные мобильные устройства обеспечивают достаточно высокий уровень производительности, предоставляют возможности их использования для реализации приложений 3D-графики и дополненной реальности. Виртуальный мир обучающей системы создан с помощью технологии Unity3D, являющейся одним из лучших средств для создания 3D-приложений с возможностью сборки

под разные платформы, в том числе и под операционную систему (ОС) Android [1].

При реализации мобильного клиента возникли следующие проблемы:

1) сильная дифференциация устройств:

– по производительности (от слабых телефонов до флагманских моделей и планшетов);
– по размерам (диагональ от 2" у телефонов до 10,1" у планшетов);
– по разрешению экранов (от 240x320 пикселей для телефонов до 2048x1536 пикселей для планшетов);

2) другие устройства ввода и отсутствие у большинства мобильных устройств возможности подключить клавиатуру и мышь;
3) нестабильное и медленное соединение с интернетом.

Для их решения были предприняты следующие действия:

1) упрощены графические эффекты, графические текстуры и модели;
2) убраны полупрозрачные текстуры;
3) снижено FPS (Frame Per Second) до 30;
4) переделано задание (с абсолютного на относительное) размеров элементов интерфейса;
5) переделано позиционирование элементов интерфейса относительно границ экрана и друг друга;
6) перерисованы растровые изображения, используемые в интерфейсе;
7) написан модуль для управления персонажем и камерой с помощью экранных джойстиков;
8) реализована поддержка некоторых из основных жестов.

На рис. 1 приведена структура мобильного клиента системы «3DUCATION» и показано его взаимодействие с системой.

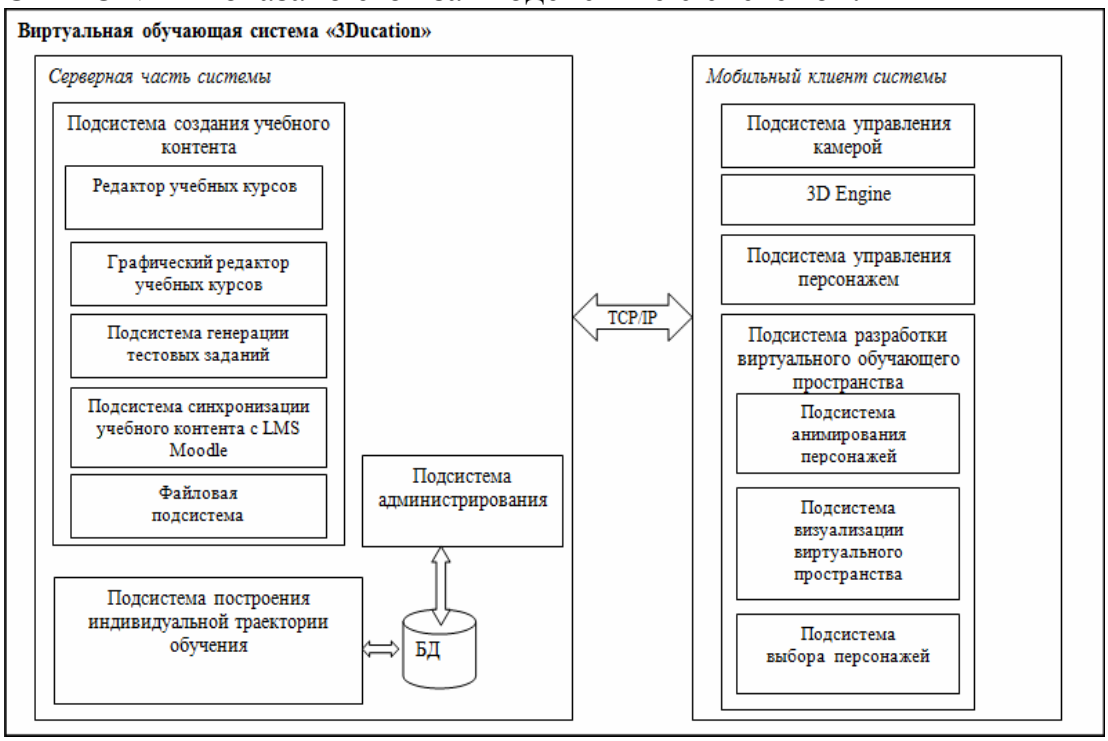


Рис. 1. Взаимодействие системы «3Ducation» с мобильным клиентом

На самом мобильном устройстве должен быть установлен Unity 3D Engine («движок» Unity 3D). Из-за особенностей реализации мобильных приложений подсистему разработки виртуального обучающего пространства, подсистему управления персонажем и подсистему управления камерой необходимо перенести в состав мобильного клиента. Функциональность перечисленных подсистем не должна отличаться от классической реализации.

Литература

1. Документация по реализации приложений на платформе Android [Электронный ресурс]. - http://docs.unity3d.com/Documentation/Manual/android-GettingStarted.html.

И.А. Кузнецов, Л.С. Зеленко

РАЗРАБОТКА ПОДСИСТЕМЫ ОПОВЕЩЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ШКОЛА ИНФОРМАТИКИ СГАУ»

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Автоматизированная информационная система (АИС) «Школа информатики СГАУ» представляет собой единый информационный ресурс, обеспечивающий доступ к сведениям об учебном процессе различным категориям пользователей: сотрудникам (преподавателям) школы, ученикам и их родителям. Другие задачи системы - поддержка информации в актуальном состоянии, повышение эффективности учебной и организационной работы школы в целом, обеспечение взаимодействия с другими информационными системами, входящими в состав информационной образовательной среды «Школа информатики СГАУ»: системой дистанционного обучения, построенной на базе LMS Moodle, и виртуальной обучающей системой «3Ducation».

В АИС автоматизированы все рабочие процессы, она дает возможность:

- формировать учебные планы дисциплин;
- вести учет пользователей (регистрация, формирование групп);
- обеспечивать сбор полной информации о ходе учебного процесса;
- накапливать статистику о результатах обучения и обрабатывать ее по различным критериям;
- формировать отчетные документы и т.д.

Для повышения качества доступности образовательных услуг и развития взаимодействия между всеми участниками учебного процесса необходимо обеспечить хорошую коммуникацию и своевременно доставлять требуемую информацию. Поэтому в системе должны быть предусмотрены средства, которые позволяли бы максимально снизить вероятность того, что необходимая доставка окажется неполученной или незамеченной.

Наиболее востребованными и актуальными видами связи сегодня являются мобильная связь и электронная почта, поэтому было решено вести в сис-

тему средства рассылки информации и разработана специальная подсистема оповещения, основными функциями которой являются:

– *работа с рассылкой сообщений*: связь с пользователями системы осуществляется с помощью смс-сообщений и сообщений электронной почты, это позволяет доставить требуемую информацию до конечного пользователя, даже если у него отсутствует возможность войти в систему. Имеется возможность выполнять как индивидуальную рассылку сообщений, так и групповую. На рис.1 приведена страница, предназначенная для создания и отправки информационных сообщений.

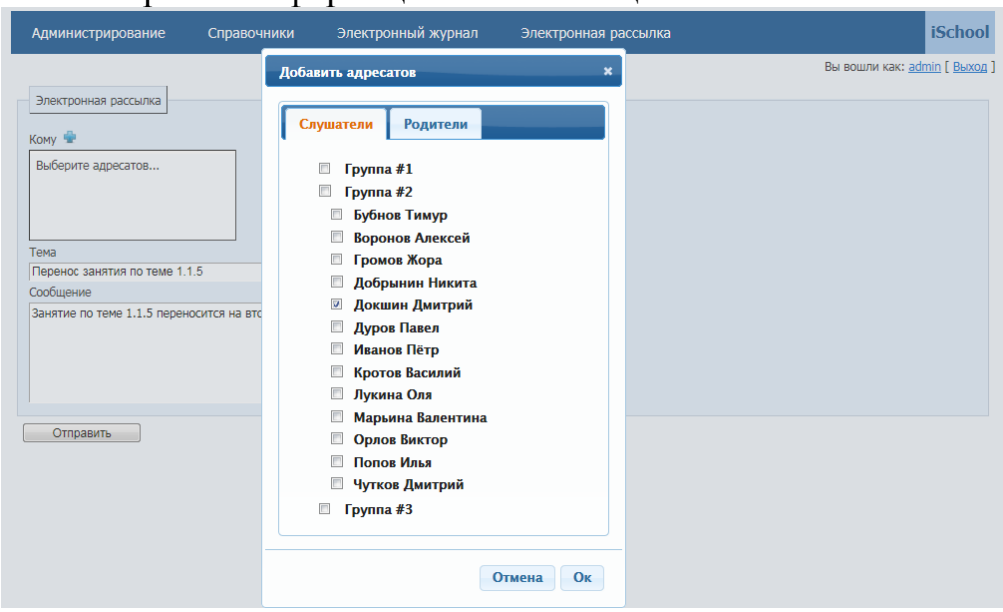


Рис.1. Страница создания и отправки информационных сообщений

– *работа с электронной почтой школы информатики СГАУ*: для администратора и диспетчера системы имеется возможность работать с электронной почтой школы напрямую и просматривать и/или удалять входящие сообщения без использования сторонних почтовых сервисов и клиентов. На рис.2 представлена страница управления электронной почты школы информатики СГАУ.

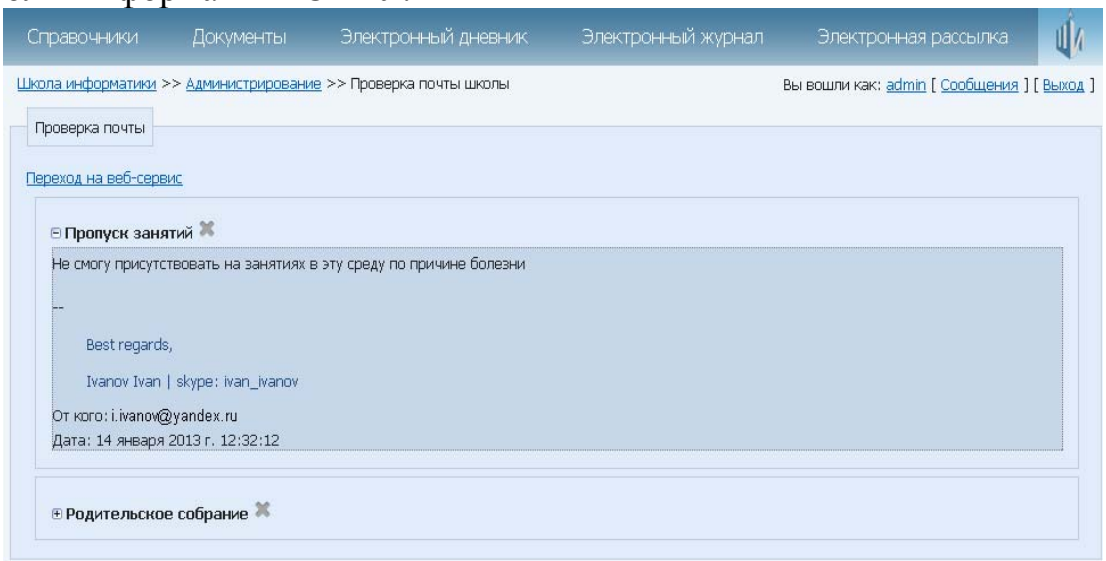


Рис.2. Страница управления электронной почтой ШИ СГАУ

Подсистема реализована на языке C# с использованием технологии создания веб-приложений ASP.NET и MVC Framework. В качестве системы управления базой данных выбрана Microsoft SQL Server 2008.

С.Ю. Леднева

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ

(Самарский государственный технический университет)

Знания, осваиваемые студентом в ходе образовательного процесса, определяются набором учебных программ. Критерием уровня освоения студентом учебной программы является итоговая оценка, для определения которой применяются различные шкалы и методики. Размер шкалы позволяет с некоторой точностью дифференцировать общий уровень владения предметом и, соответственно, степень освоения учебной программы, но не позволяет по итоговой оценке определить качество усвоения студентом различных частей курса.

Опыт зарубежных стран в этом направлении более продвинут: при оценке знаний студентов используется 100 бальная шкала, а при трудоустройстве не последнюю роль играет рейтинг ВУЗа [1].

В связи с этим возникает ряд актуальных вопросов. С педагогической точки зрения полезной является информация об уровне освоения студентами различных частей дисциплины, позволяющая вносить изменения, как в содержание учебного материала, так и в методики его преподавания. С точки зрения потенциального работодателя по общим названиям предметов непонятно насколько выпускник подготовлен к выполнению задач, интересующих работодателя, а итоговые оценки не отражают с достаточной полнотой картину умений, знаний, навыков и компетенций выпускника. Оценка совсем не отражает активности студентов, выходящие за рамки содержания учебного материала, например, такую сторону, как умение активно и плодотворно работать в составе команды.

Отмеченная неопределенность со стороны работодателя частично разрешается проведением анкетирования и собеседований, но это не позволяет внести корректировки непосредственно в образовательный процесс.

Для решения данной проблемы предлагается разработать автоматизированную систему управления эффективностью обучения студентов. Система, предоставляя преподавателю оперативную обратную связь, позволит отслеживать ход и качество выполнения заданий, анализировать сильные и слабые стороны студентов на основе контроля и оценки их навыков и компетенций.

Рабочая программа дисциплины содержит достаточно подробное описание навыков, компетенций, знаний и умений, как до, так и после изучения дисциплины, но не определяет взаимосвязь между ними и непосредственно выполняемыми студентами задачами. Для повышения эффективности образователь-

ного процесса предлагается связать компетенции студентов, определенные в рабочей программе, и общие академические или вне академические компетенции, с заданиями, выполняемыми студентами в процессе освоения дисциплины.

Для оптимизации процесса контроля освоения дисциплины целесообразно разработать автоматизированную подсистему контроля исполнения рабочих программ в рамках системы управления эффективностью обучения студентов, направленной, исходя из целей и задач рабочей программы, на решение следующих задач:

1) транслировать задачи рабочей программы на цели, определяемые в рамках данной системы;
2) мотивировать студентов на достижение текущих целей и повышения своего профессионального уровня;
3) обеспечить объективную оценку работы студентов на основе определенных критериев;
4) поддерживать обратную связь между студентами и преподавателем;
5) определять приоритеты развития для студентов, согласно их знаниям, умениям, навыкам и компетенциям.

Для наибольшей эффективности предлагаемой системы ее целесообразно использовать по всем предметам и на всех этапах обучения в вузе. Тем не менее, она может быть применена и в рамках отдельных курсов.

Цикл управления эффективностью обучения студентов в рамках отдельного курса должен состоять из трех этапов.

1. *Постановка целей изучения курса*. На данном этапе студент совместно с преподавателем определяет ключевые цели своей деятельности в процессе освоения дисциплины, реализация которых обеспечит достижение планируемого уровня знаний, умений, навыков и компетенций.

2. *Промежуточный контроль выполнения заданий*. Результаты контроля и уточнения от преподавателей обеспечивают студенту обратную связь, дающую ему возможность более целенаправленно корректировать свою деятельность по освоению дисциплины.

3. *Подведение итогов*. На этом заключительном этапе анализируется выполнение заданий, в результате чего выводится оценка достигнутого студентом уровня умений, знаний, навыков и компетенций.

Перед началом изучения любого курса необходимо иметь текущую оценку умений, знаний, навыков и компетенций студентов, которые должны быть в обязательном порядке подтверждены преподавателями.

Автоматизация системы управления эффективностью обучения позволяет комбинировать цели рабочей программы с мотивацией и развитием студентов.

С одной стороны, преподаватели получают эффективный механизм контроля освоения студентами дисциплины. С другой стороны, данные, получаемые в ходе работы, могут быть обработаны и систематизированы, с целью совершенствования образовательного процесса.

Для обеспечения требуемого уровня формализации данных постановка целей осуществляется по принципу SMART (Таблица 1).

Для каждого задания, выдаваемого студенту, определяется его вклад в развитие умений, знаний, навыков и компетенций в результате его выполнения. Преподаватель, принимая у студента выполненное задание, может скорректировать этот добавочный вклад.

Таблица 1 – Постановка задач по принципу SMART

Буква	Расшифровка	Пояснения
S	Specific (Конкретный)	Что необходимо сделать. Например, построить логическую модель базы данных согласно выбранной предметной области.
M	Measurable (Измеримый)	Измеримые критерии оценки выполнения задачи. Например, модель предметной области должна содержать не менее 5 отношений, должна быть использована третья нормальная форма.
A	Assignable (Выполнимый)	Студенты должны обладать необходимыми компетенциями для выполнения задания. Назначается конкретный исполнитель задания.
R	Realistic (Реалистичный)	Результат выполнения задания должен быть адекватным. Например, модель предметной области должна отражать реальные ситуации.
T	Time-bound (Ограниченный во времени)	Определение промежутка времени, за который задание должно быть выполнено.

Таким образом, в результате применения предлагаемой системы образовательный процесс в рамках отдельно взятой дисциплины представляется в виде набора взаимосвязанных или независимых заданий, выдаваемых студентам, и текущего контроля их выполнения. В результате выполнения полученных заданий студент повышает свой образовательный уровень.

Выделим основные компоненты, необходимые для автоматизации предлагаемой системы управления эффективностью обучения студентов (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

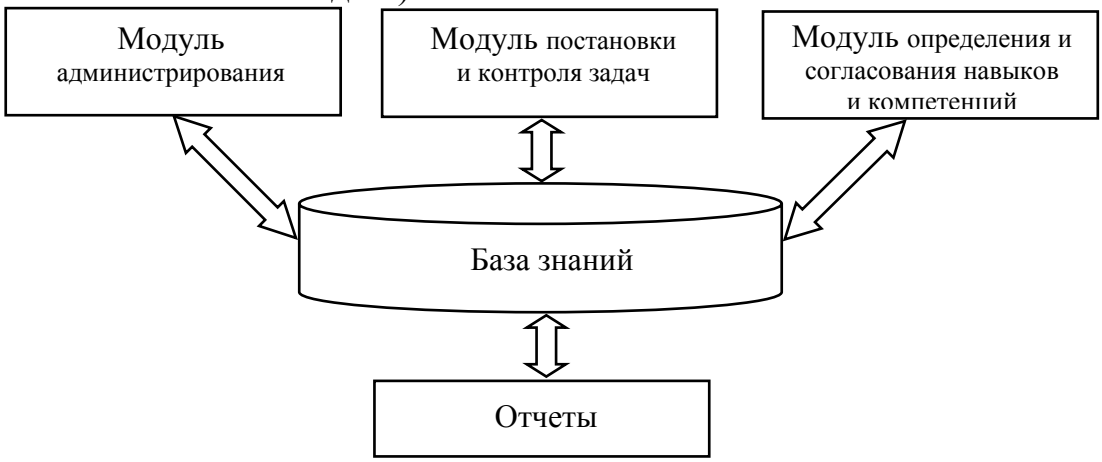


Рис. 7. Компоненты системы управления эффективностью обучения студентов

В основе системы лежит база знаний о студентах и дисциплинах, необходимая для формализации данных. Применение базы знаний объясняется необходимостью использования метаданных для описания умений, знаний, навыков и компетенций студентов для последующего их контроля, учета и анализа [2].

Непосредственно формализация данных осуществляется в модуле администрирования и в модуле определения и согласования умений, знаний, навыков и компетенций студентов.

Модуль администрирования позволяет транслировать рабочую программу в систему, определяя цели курса и задания, которые должны быть выполнены студентами для достижения данных поставленных целей. Определяется значимость заданий и вклад, который они вносят в умения, знания, навыки и компетенции студентов при их выполнении.

Модуль определения и согласования умений, знаний, навыков и компетенций студентов позволяет студентам самостоятельно задать свои собственные уровни этих параметров и согласовать их с преподавателями. Такие уровни, выставленные студентом себе самостоятельно, преподавателями могут быть переоценены.

Студент может самостоятельно повышать свой уровень за счет постановки себе дополнительных заданий, например, на прочтение учебника или его разделов, в результате чего планируется увеличение теоретических знаний в предметной области, соответствующей изучаемой дисциплине.

Непосредственное взаимодействие преподавателя и студента осуществляется в рамках модуля постановки и контроля задач. Преподаватель может выдавать заранее подготовленные задачи с вариациями и следить за ходом их решения, принимая или отклоняя результат выполнения задания.

Обратная связь осуществляется непосредственно по заданию: студент может задавать вопросы и получать необходимые пояснения или уточнения. После положительной оценки преподавателем результата выполнения задания в базе знаний обновляются данные об умениях, знаниях, навыках и компетенциях студента.

После завершения аттестации студентов преподаватель может формировать различные отчеты, которые позволяют анализировать сильные и слабые стороны как студентов, так и педагогического процесса в целом, оценивать сложность заданий и выявлять в результате анализа иные особенности педагогического процесса в рамках преподавания конкретной дисциплины.

Для определения эффективности предложенной системы по сравнению с существующими методиками и подходами необходимо реализовать тестовый вариант системы.

Литература

1. Academic ranking of world universities.[Электронный ресурс]. URL: http://www.arwu.org/

2. Гаврилова, Т.А. Базы знаний интеллектуальных систем . Учебник для вузов /Т.А. Гаврилова, В.Ф. Хорошевский.// — СПб.: Питер, 2000. – 384 с. – ISBN 5-272-00071-4

И.В. Лезина, А.В. Черепанов

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА СТИПЕНДИАЛЬНЫХ РЕЙТИНГОВ СТУДЕНТОВ

(Самарский государственный аэрокосмический университет им. Академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

Во многих российских вузах установлены правила начисления повышенной государственной академической стипендии (ПГАС) [1]. Такая стипендия есть и в СГАУ. Каждый семестр сотрудниками деканата производится прием студенческих портфолио и расчет рейтинга студентов на основании существующей таблицы критериев оценки достижений. Соответственно, возникает необходимость хранения такой таблицы. Затем производится отбор студентов, у которых рейтинг выше заданной величины.

Таким образом, была поставлена цель разработать автоматизированную информационную систему, которая бы имела функционал как для хранения системы критериев, так и для оценки студенческих достижений и вывода отчетной информации.

Проектирование системы выполнялось на основе следующих документов:
- правила составления портфолио;
- заявление на получение ПГАС;
- критерии оценки деятельности студента.

В результате анализа таблицы критериев была произведена их классификация. Каждый критерий можно отнести к одной из следующих групп:
1) Критерий с заданным максимальным количеством баллов. Число баллов, начисляемое за достижение по такому критерию, может быть разным, однако оно ограничено определенным максимальным значением.
2) Критерий с отметкой о наличии. При наличии достижения по такому критерию начисляется определенное число баллов.
3) Критерий с выбором одного варианта из нескольких. Для такого критерия задается список вариантов (значений параметра) и соответствующих им значений числа баллов.
4) Критерий с выбором нескольких вариантов. При задании такого критерия тоже указывается список вариантов, однако для каждого из них учитывается признак уникальности. В случае, если вариант не уникален, то он может учитываться несколько раз для одного и того же студента.

Также существуют категории, по которым критерии группируются в таблице. Такие категории задаются произвольно.

Подобная система классификации является достаточно полной для того, чтобы описать существующую таблицу критериев, и достаточно универсальной, чтобы изменения в таблице критериев не влекли за собой изменения в структуре хранимых данных.

Система классификации критериев служит основой для проектирования базы данных автоматизированной информационной системы. Также база данных включает в себя средства для хранения справочника студентов.

Схема логической модели базы данных разработанной системы представлена на рисунке 1.

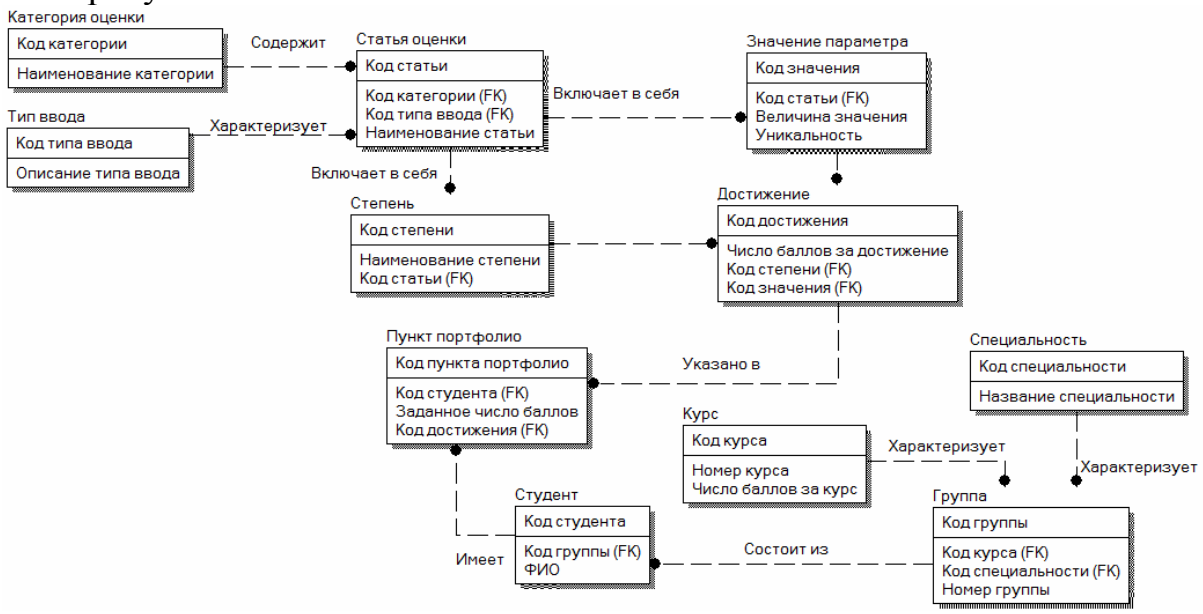


Рис. 1. Схема логической модели базы данных

Процесс учета достижений студентов представляет собой установку соответствий между записями из справочника студентов и критериями оценки, их вариантами и степенями. Форма, в которой вводятся данные о наличии достижения по данному критерию, зависит от типа критерия. Так, для первого типа следует ввести число баллов; для второго типа – просто подтвердить наличие соответствующего достижения; для третьего или четвертого типа – указать один из вариантов и, при наличии, степень.

На основе сведений о достижениях возможно составление отчетов. Здесь ключевым является понятие рейтинга. Рейтинг студента является оценкой его достижений. Также в нем учитывается номер курса, на котором обучается студент. Рейтинг вычисляется по следующей формуле:

$$R = \sum_{i=1}^{n} a_i + b_j\,, \quad j = 1..m$$

где n – число достижений студента, a_i – число баллов, начисляемое за i-е достижение, b_j – число баллов, начисляемое за обучение на j-м курсе, m – общее число курсов.

Возможны следующие типы отчетов, связанные с рейтингом: отчет о рейтинге всех студентов, отчет о студентах с рейтингом выше заданного (такой от-

чет необходим для отбора тех студентов, которые получат стипендию), отчет о рейтинге выбранного студента, отчет о рейтинге по специальностям. Также существует отчет, который содержит данные из таблицы критериев; он позволяет получить печатную версию этой таблицы.

Доступные функции системы представлены на диаграмме вариантов использования, выполненной по технологии UML [2]. Диаграмма вариантов использования показана на рисунке 2.

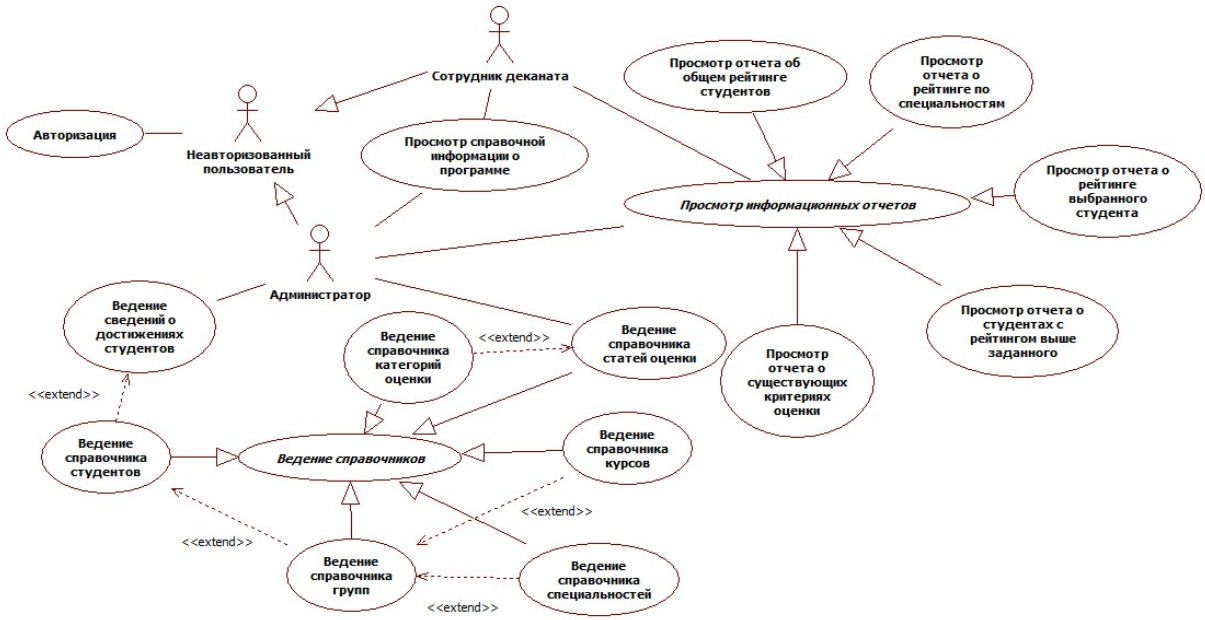


Рис. 2. Диаграмма вариантов использования автоматизированной информационной системы расчета стипендиальных рейтингов студентов

Автоматизация процесса расчета стипендиального рейтинга в результате использования разработанной системы позволяет ускорить процессы обработки студенческих портфолио, подсчета рейтинга и проведения отбора среди студентов.

В системе используется архитектура клиент-сервер, которая позволяет вести работу с нескольких рабочих станций. Для обеспечения защиты от несанкционированного доступа введено разделение ролей пользователей. Так, обычный пользователь может только просматривать отчеты, а администратору доступна также работа с базой данных.

Система разработана на языке C# 4.0, который является эффективным средством разработки, обладающим широкими возможностями [3]. База данных реализована средствами MySQL 5.2.

Литература

1. Постановление Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2011 г. N 945 г. Москва "О порядке совершенствования стипендиального обеспечения обучающихся в федеральных государственных образовательных учреждениях профессионального образования" – [Электронный ресурс]. – http://www.rg.ru/2011/11/23/obrazovanie-dok.html

2. Буч, Г. Язык UML. Руководство пользователя. 2-е изд. [Текст]/Г. Буч, Д. Рамбо, И. Якобсон. – М.: ДМК Пресс, 2006. – 496 с.

3. Шилдт, Г. C# 4.0: полное руководство. [Текст]/Г. Шилдт. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. – 1056 с.

С.А. Пиявский, В.М. Радомский, В.В. Искаков, И.А. Смолянко

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИЗОБРЕТАТЕЛЬСКИХ КОМПЕТЕНЦИЙ МОЛОДЕЖИ НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПОДДЕРЖКИ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

Россия вступила в ВТО. По данным Всемирной организации по интеллектуальной собственности (WIPO) на 2010 г. на долю России пришлось 0,34 % [560 патентов] от общего числа заявок на изобретения, поданных в мире; Япония ~ 19,7 % [32156 патентов]; США ~ 27,5 % [44855 патентов]; Германия ~ 10,5 % [17171 патентов]. Последствия – очевидны, недобросовестные конкуренты могут на незащищенные конкурентоспособные товары подать заявки на изобретения. Это снизит экономическую безопасность страны. Один из путей решения проблемы – готовить будущих специалистов к инновационной деятельности, научить разрабатывать блоки патентов с использованием компьютерной поддержки.

В 1980 г. д.т.н., профессор С.А. Пиявский создал рабочую группу для разработки и внедрения компьютерной технологии технического творчества (КТТТ) по контракту с заводом им. Масленникова.

Рабочая группа в короткие сроки разработала методику структурирования патентной информации для КТТТ, на основе которой создали базу данных и базу знаний, а также общие и специальные компетенции, основанные на комплексе педагогических принципов подготовки будущих специалистов к изобретательской деятельности и условиях их реализации.

На основе этих разработок создана информационная система формирования изобретательских компетенций молодежи и компьютерная поддержка этой системы, которая используется в настоящее время на факультете информационных систем и технологий для подготовки студентов и школьников. Структурная схема системы представлена на рисунке 1. Система направлена на формирование компетенций у специалиста, занимающегося изобретательской деятельностью.

Общие компетенции:

1. Развито творческое воображения, культура мышления, информационная культура, проектная культура (стиль мышления, позволяющий формировать целостное представление взаимосвязи созидательного труда и роли человека в созидании).

2. Развита экологическая культура (разрабатываемые проекты не должны наносить вред окружающей среде).
3. Развито умение оценить экономический эффект, срок окупаемости проекта.
4. Развито приобретение знаний по физическим и геометрическим законам и эффектам.
5. Развито синергетическое мышление (оно возникает, когда эффект от объединения превышает суммарный эффект, например, обмен идеями), развиты навыки генерирования новых идей, создания блоков патентов с использованием средств компьютерной поддержки.
6. Развито умение найти изобретательскую идею (т.е., что требуется улучшить), выявить главное противоречие, препятствующее достижению, сформулированной цели, оценить полученный результат в сопоставлении с другими известными решениями.
7. Развито умение вести эффективные переговоры, презентацию разработки при заключении контрактов на внедрение изобретения, умение эффективно рекламировать полученные результаты.
8. Развито умение делать правильный выбор стратегии творческой личности.
9. Умение находить «скрытые дефекты» в технологиях, изделиях и их устранять.
10. Умение использовать законы развития технических систем и технологий в процессе проектирования конкурентноспособной продукции.
11. Умение работать с КТТТ, создавать базы знаний, инновационную продукцию.
12. Умение использовать основы патентоведения, компьютерные технологии для создания блоков патентов.

Специальные компетенции:

1. Умение определить действия, вызываемые физическими и геометрическими эффектами и явлениями;
2. Умение разобраться в технической реализации действий.
3. Умение кодировать информацию по физическим и геометрическим эффектам (заполнять матрицу структурирования патентной информации в базу знаний).
4. Умение создавать патенты, построенные на базе физических и геометрических эффектов и явлений.
5. Умение создавать идеальный конечный результат (ИКР) в изобретениях.
6. Относится к подготовке преподавателей. Они должны быть специалистами в области творческой деятельности, психологии, теории коммуникаций.

Для компьютерной поддержки используются две программные системы, одна из которых работает с физическими эффектами, а другая – с геометрическими эффектами. В системах есть возможность работы в роли «Методист» или «Изобретатель». Формализованная структурная схема обоих систем включает перечень общих и специальных компетенций, перечень физических или геометрических эффектов, перечень патентов по физическим или геометрическим эффектам.

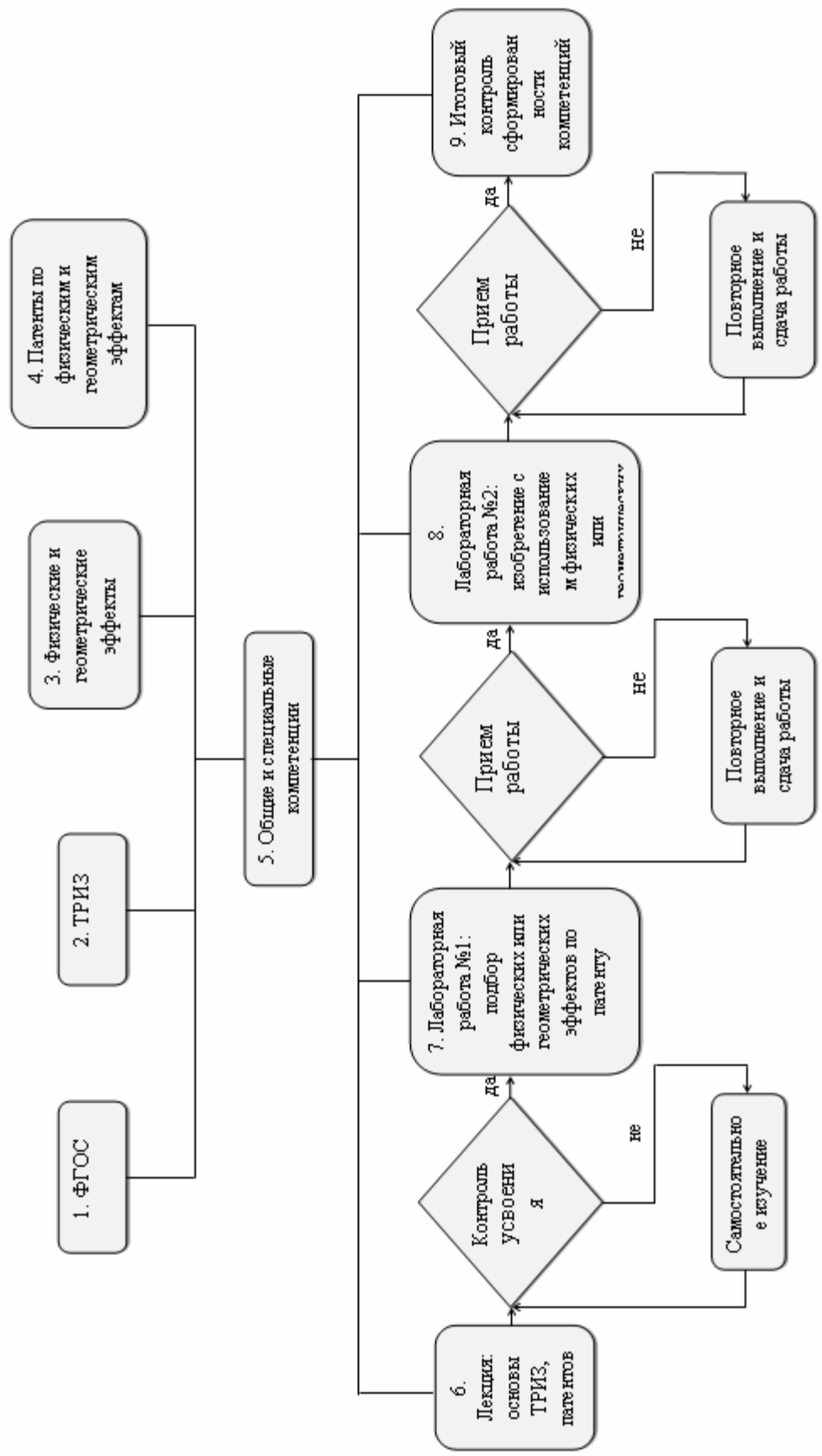


Рис. 1. Структурная схема информационной системы

Учебный процесс на основе данной системы строится следующим образом. Во вводной лекции рассказывается об основах ТРИЗ, патентовании, даются примеры использования физических и геометрических эффектов. По завершении лекции проводятся две лабораторные работы с использованием разработанных систем:

1. Подбор физических или геометрических эффектов по патенту;
2. Изобретение с использованием физических или геометрических эффектов.

В первой лабораторной работе студенту или группе студентов выдается название патента. Система запускается в роли «Методист». Студент выбирает из списка всех патентов необходимый ему и может просмотреть его описание. Затем он выбирает, какой эффект имеет отношение к выданному патенту и связывает его с патентом. После завершения работы студент объясняет причины, основания и критерии выбора эффектов.

Во второй лабораторной работе студенту или группе студентов дается задание: придумать изобретение, которое будет использовать физический или геометрический эффект. Система запускается в роли «Изобретатель». Студенту предоставляется возможность просмотра эффектов и связанных с ними патентов с описанием. Для удобства студент заполняет поля с темой изобретения и ее описанием. После завершения работы студент объясняет смысл своего изобретения, на каких эффектов он основан, а также причины и критерии выбора эффектов.

После прохождения лабораторных работ каждый студент оценивается по личностному развитию общих и специальных компетенций, шкала оценок: 2 = отлично, 1 = хорошо, 0 = плохо. После оценивания подводится результат: насколько высок уровень знания студента, к чему проявляется больший интерес и какие знания, умения и навыки нуждаются в улучшении.

По этой схеме проводилось занятие со студентами первого курса факультета информационных систем и технологий. Аналогичное занятие прошло с учениками 7-11 классов на день открытых дверей в Самарском государственном архитектурно-строительном университете. После проведения занятий выявилась особенность: ученики 7-11 классов находили больше вариантов решения поставленных задач по изобретению, проявляли особый интерес к изобретению чего-то нового. Это может быть отражением, как естественной возрастной динамики личности, так и определенным дефектом организации традиционного учебного процесса, в значительной степени подавляющего творческие возможности личности.

Литература

1. Пиявский С.А., Радомский В.М. Новая технология создания банка идей ипатентов. [Текст] /, Пиявский С.А., Радомский В.М. - Куйбышев: Изд-во Куйбышевского межотраслевого территориального центра научно-технической информации и пропаганды. – 1990 - 3 с.

2. Меерович М.И., Шрагина Л.И. Технология творческого мышления. [Текст] /, Меерович М.И, Шрагина Л.И. М: 2000. – 412 с.

Н.М. Пузанков

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА СБОРА И ОЦЕНКИ НАУЧНЫХ ДОСТИЖЕНИЙ МОЛОДЫХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ «ЯРМАРКА УМОВ»

(Самарский государственный архитектурно- строительный университет)

В России, как и во многих развитых странах, большое количество одаренной молодежи. Государство заинтересованно в поддержке и поощрении юных талантов, о чем говорит социальный федеральный проект «Талантливая молодежь».

В данный момент награждаются лишь победители и призеры международных и всероссийских олимпиад, а также победители региональных олимпиад. Но такие награды, не захватывают огромное количество талантливой молодежи, которые в силу обстоятельств или специфики занятий не участвуют в олимпиадах. Поэтому возникает проблема учета и оценки достижений всей одаренной молодежи России.

В связи с вышеизложенной проблемой, мною, совместно с научным руководителем, была поставлена задача разработки системы сбора и оценки достижений одаренной молодежи России, с возможностью проведения статистических исследований, в том числе, получения рейтингов талантливых молодых исследователей, для их поощрения.

В данный момент награждаются лишь исследователи, победившие или занявшие призовое место в мероприятиях из данного реестра [1] .

В данной ситуации возникает проблема обделенности молодых талантов, по каким-либо причинам не участвующим в мероприятиях из данного реестра.

Другой схожей системой является система мониторинга внеучебной деятельности и достижений студентов ФИСТ [2], на которой мы остановимся подробнее.

Рассмотрим функции и принцип её работы. Система предназначена для отслеживания и поощрения талантливых студентов ФИСТ, занимающихся внеучебной деятельностью. Студентов вносят свои достижения и далее эти достижения оцениваются ответственным человекам, которого мы будем называть экспертом. Из достижений студента формируется его личный рейтинг.

В чем же недостаток такого подхода? Самое слабое место системы – это оценка достижений:

1) Оценка достижений более чем ста студентов производится одним экспертом, что в некоторых ситуациях приводит к задержке в обновлении информации.
2) К эксперту достижения приходят в текстовом виде, форма изложения которого строго не прописана. Это приводит к недостаточности или избыточности информации для оценки достижения.
3) Эксперт, как и любой человек, имеет субъективное мнение и оценка достижений, в ряде случаев, может пострадать от этого.

4) Нет регламентированной системы оценки достижений, что опять же ведет к неточной оценке достижений.

На основании этого можно предположить, что решением проблем будет создание информационной системы сбора и оценки достижений, в которой будет заложен механизм автоматизированной системы оценки достижений.

Перечислим основные требования, предъявляемые к разрабатываемой информационной системе:

1. Регистрация пользователей, с получением от них базовой личной информации.
2. Получение разрешения на обработку и хранение персональных данных пользователей.
3. Внесение пользователями своих достижений.
4. Двухэтапная система оценки достижений пользователей.
5. Получение статистических данных о внесенных достижениях.
6. Возможность проверки и подтверждения истинности вносимых данных.

Функциональная структура

Для рассмотрения функциональной структуры разработанной системы приводится диаграмма использования.

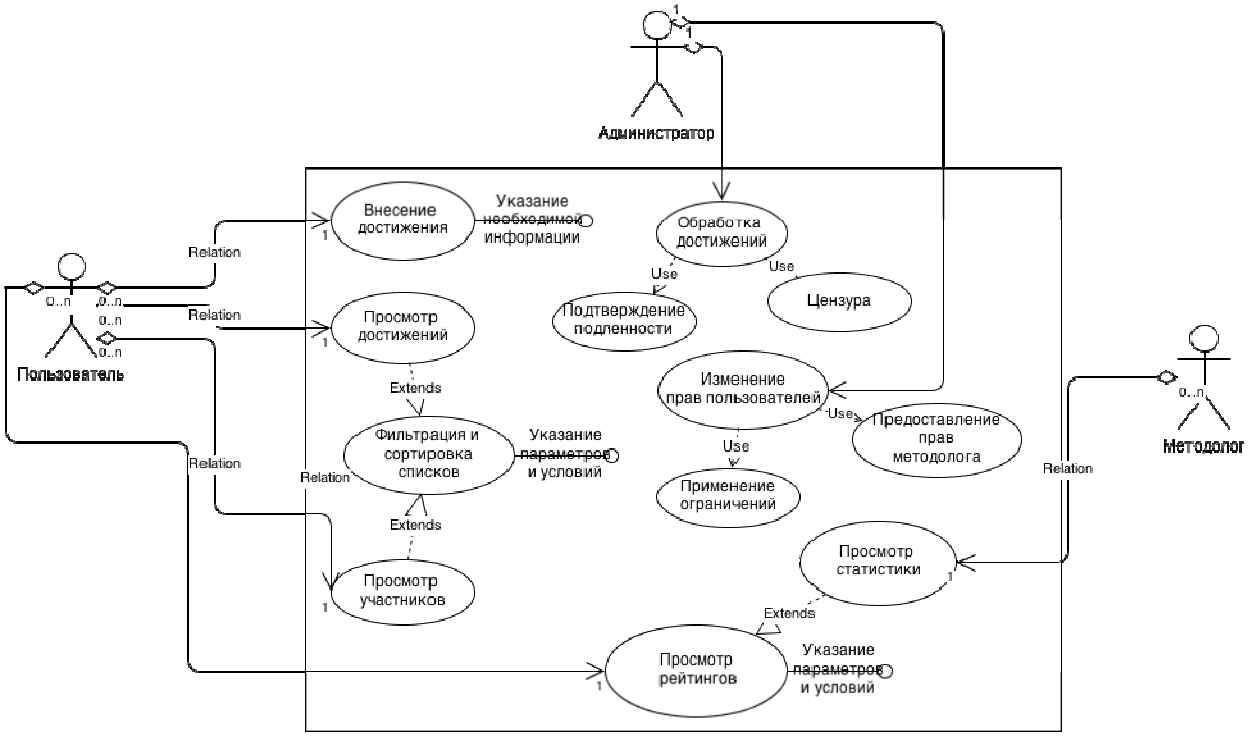


Рис. 1

Взаимодействие с системой может происходить на трёх уровнях:

1. Уровень пользователя, предназначен для одаренной молодежи. Он позволяет им внести свои достижения, а также просмотреть другие достижения и других пользователей. Они могут просматривать рейтинги по категориям и по всем достижениям.
2. Уровень методолога, предназначен для работников организаций, а также работодателей, занимающихся отслеживанием и поощрением представителей

одаренной молодежи. Позволяет получать статистические данные для дальнейшего анализа.

3. Уровень администратора. Служит для управления работой всей системы. Администратор обеспечивает порядок, правильное функционирование системы и оценку подлинности достижений.

Математическая модель комплексной оценки достижений

Для всех категорий достижений выделены общие критерии, в количестве 10ти: «Уровень значимости достижения», «Формат связанный с достижением», «Ваша роль», «Результат», «Время», «Конкуренция и инновационность сферы достижения», «Мотивация», «Общая занятость», «Материальное состояние», «Интерес к данной области». Каждый из них имеет 4 бала оценки (от одного до четырёх, с шагом один).

Каждый критерий имеет весовой коэффициент, рассчитанный по методу аналитической иерархии Саати[3].

Вектор весов критериев P определяется по данному методу, как нормированный собственный вектор матрицы экспертных оценок A, т.е. из условия A*P=wp, где a_{ij} – уровень предпочтения эксперта в паре (i,j). a_{ij} выбирается из множества {1,3,5,7}, $a_{ij} = 1/ a_{ji}$; $\sum Pi = 1$, i=1..n.

W –максимальное по модулю собственное число матрицы A.

Приближенно компоненты P могут быть рассчитаны по формулам $Pi=(\Pi i)^{1/n}/(\sum \Pi i, i=1..n)$. $\Pi i=\Pi a_{ij,}$ i,j=1..n.

Экспертные оценки были высчитаны с учетом социального опроса [4] .

1			Уровень значимости	Тип мероприятия	Ваша роль	Результат	Время	Кол-во конкурентов	Мотивация	Общая занятость	Материальное	Интерес к данной области			Веса
2	Результат голосования о важности критерия		16	2	13	8	6	19	10	3	3	6			
3	Уровень значимости достиже	16	1,00	7,00	3,00	5,00	5,00	0,33	5,00	7,00	7,00	7,00	297123,75	3,5	0,230418
4	Формат связанный с достиже	2	0,14	1,00	0,14	0,20	0,33	0,14	0,20	1,00	1,00	0,33	0,00	0,3	0,021079
5	Ваша роль	13	0,33	7,00	1,00	3,00	5,00	0,33	3,00	7,00	7,00	5,00	8404,36	2,5	0,161315
6	Результат	8	0,20	5,00	0,33	1,00	3,00	0,20	1,00	7,00	7,00	3,00	29,11	1,4	0,091542
7	Время	6	0,20	3,00	0,20	0,33	1,00	0,20	0,33	3,00	3,00	1,00	0,02	0,7	0,044958
8	Конкуренция и инновационно	19	3,00	7,00	3,00	5,00	5,00	1,00	5,00	7,00	7,00	7,00	2701125,00	4,4	0,287328
9	Мотивация	10	0,20	5,00	0,33	1,00	3,00	0,20	1,00	5,00	5,00	3,00	15,00	1,3	0,085671
10	Общая занятость	3	0,14	1,00	0,14	0,14	0,33	0,14	0,20	1,00	1,00	3,00	0,00	0,4	0,025364
11	Материальное состояние	3	0,14	1,00	0,14	0,14	0,33	0,14	0,20	1,00	1,00	5,00	0,00	0,4	0,026666
12	Интерес к данной области	6	0,14	3,00	0,20	0,33	1,00	0,14	0,33	0,33	0,20	1,00	0,00	0,4	0,025659
13			5,50	40,00	8,48	16,14	23,99	2,82	16,26	39,33	39,20	35,33		15	1
14			1,27	0,84	1,37	1,48	1,08	0,81	1,39	1,00	1,05	0,91	11,19		

Рис. 2

Опыт внедрения

Проведя предварительное тестирование прототипа системы, студентами ФИСТ были внесены 500 достижений, которые распределились по категориям в следующем соотношении.

В данный момент система дорабатывается под нужды СГАСУ и готовится к внедрению в рамках университета.

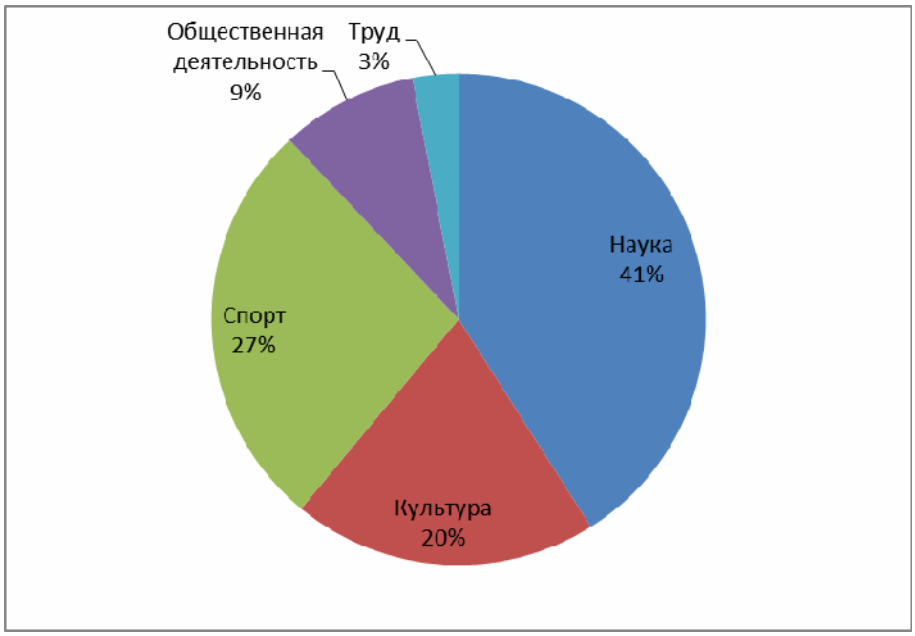


Рис. 3

Литература

1. Перечень олимпиад и иных конкурсных мероприятий, по итогам которых присуждаются премии для поддержки талантливой молодежи в 2013 году. http://xn--80abucjiibhv9a.xn--p1ai/%D0%B4%D0%BE%D0%BA%D1%83%D0%BC%D0%B5%D0%BD%D1%82%D1%8B/239/%D1%84%D0%B0%D0%B9%D0%BB/1548/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D0%BC%D0%B8%D0%B8-%D0%A2%D0%B0%D0%BB.%D0%BC%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B4%D1%91%D0%B6%D1%8C_%D0%9F%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%87%D0%B5%D0%BD%D1%8C_2013.pdf

2. Система оценки внеучебной деятельности студентов СГАСУ ФИСТ. http://sciyouth.ru/achievements/

3. Мониторинг реализации проектов по обеспечению формирования системы взаимодействия университетов и учреждений общего образования по реализации общеобразовательных программ старшей школы, ориентированных на развитие одаренных детей http://odarmol.ru/

А.Е. Семенов

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ГЕНЕРАТОРА ТЕСТОВЫХ ЗАДАНИЙ ДЛЯ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «3DUCATION»

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

В настоящее время система образования претерпевает значительные изменения. Использование в образовательном процессе электронных обучающих

систем и дистанционных образовательных технологий позволяет организовать образовательный процесс более эффективно, делая акцент на увеличение самостоятельной работы студента.

Примером дистанционных обучающих систем могут служить системы виртуальной реальности, которые обладают высокой степенью интерактивности и за счет перемещения процесса обучения в 3D-пространство делают образовательный процесс более интересным и увлекательным для обучающегося (это особенно важно в обучении школьников). К числу таких систем относится дистанционная обучающая система «3Ducation», разрабатываемая по заказу кафедры программных систем для школы информатики СГАУ. Она будет использоваться в учебном процессе при изучении школьниками базового курса «Информатика и ИКТ». Система имеет сложную структуру, состоящую из различных модулей. Преподаватель при работе с системой, используя доступ через веб-сайт, может редактировать учебный контент (теоретические материалы и тесты), который отображается учащимся, находящимся в виртуальном трехмерном пространстве.

Основной формой применения обучающих систем является освоение учащимися теоретического материала, с последующей проверкой результатов освоения учебного материала в виде тестирования (контрольного или итогового). Создание контрольных измерительных материалов (тестов) – задача, чрезвычайно трудоемкая при «ручной» подготовке: формулировка различных однотипных тестовых заданий занимает у преподавателя значительное время, и требует его высокой квалификации. Для повышения эффективности процесса подготовки тестов целесообразно применять технологии автоматизированной генерации тестовых заданий. В генерируемые тесты можно включать в виде теоретических вопросов простые расчетные задачи, на решение которых тратится от 30 секунд до нескольких минут, максимальное время на решение задачи также является одним из параметров теста.

Генератор тестовых заданий, разрабатываемый автором, будет интегрирован в систему «3Ducation», он позволяет создать большой банк тестовых заданий по каждой теме с адекватной сложностью каждой группы однотипных тестов. Применение генератора тестовых заданий позволит снизить вероятность повторного появления эквивалентных заданий при прохождении тестов и дать возможность применять тесты без опасений «списывания» или возможности поиска ответов на тестовые задания, выложенные в общий доступ в Интернете учащимися, ранее проходившими этот тест. Тем самым была достигнута еще одна цель – тесты не способствуют механическому запоминанию ответов учащимися, а развивают умственную активность учащихся, при прохождении тестирования исключается вероятность списывания, способствуют закреплению теоретического материала.

При проектировании генератора автором были проанализированы варианты контрольных измерительных материалов для проведения ЕГЭ по информатике за несколько последних лет и сформирован набор параметров,

которыми можно варьировать в тестовых вопросах по разным темам и категориям заданий.

На рис. 1 приведен пример шаблона тестового задания по теме «Позиционные системы счисления». Преподаватель может использовать при описании шаблона созданные ранее функции, доступные через библиотеку функций, определять свои типы данных, сами данные, которые используются в описании математической модели генерируемого задания. Здесь же преподаватель может редактировать шаблон генерации формулировки задания.

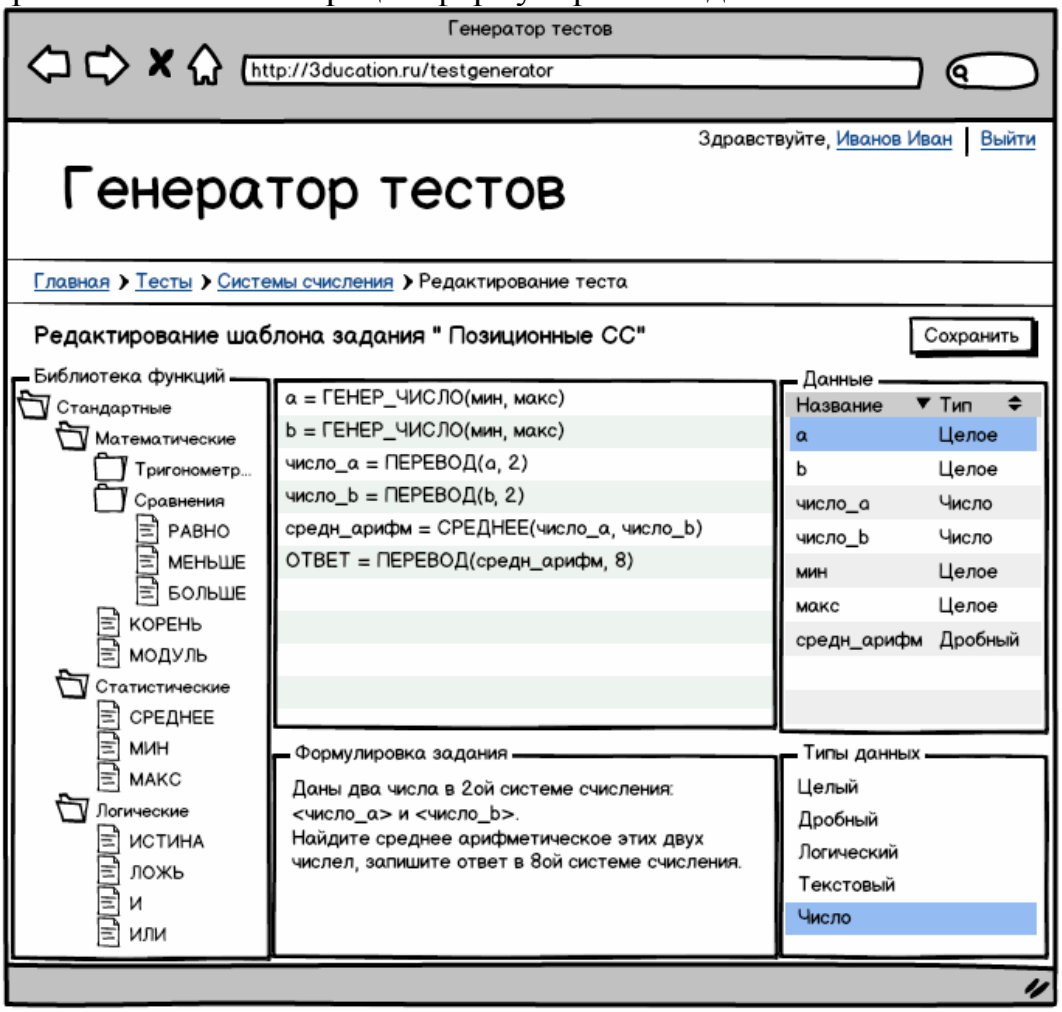


Рис. 1. Прототип окна редактирования шаблона тестового задания

В процессе генерации заданий, генератором применяются эвристические и комбинаторные алгоритмы, помогающие в построении многовариантных тестовых заданий. Преподаватель имеет возможность, при необходимости, изменять параметры генерации шаблонов заданий, что позволяет задавать уровни сложности генерируемых заданий.

Настройка процесса генерации выполняется через веб-интерфейс системы, доступ к которому имеет только преподаватель. Задания, полученные при работе генератора, отображаются в виртуальном игровом мире, доступном учащемуся, где в свою очередь в специальных комнатах тестирования обучающийся может их выполнить, пройдя тренировочный или контрольный тест.

На рис. 2 представлен прототип страницы настройки генерируемого теста. Генератор обладает гибкостью в настройке теста, позволяет накладывать ограничения на время выполнения теста, задавать количество заданий, позволяет настраивать порядок заданий и порядок ответов на них, выбирать критерий прохождения и оценки теста.

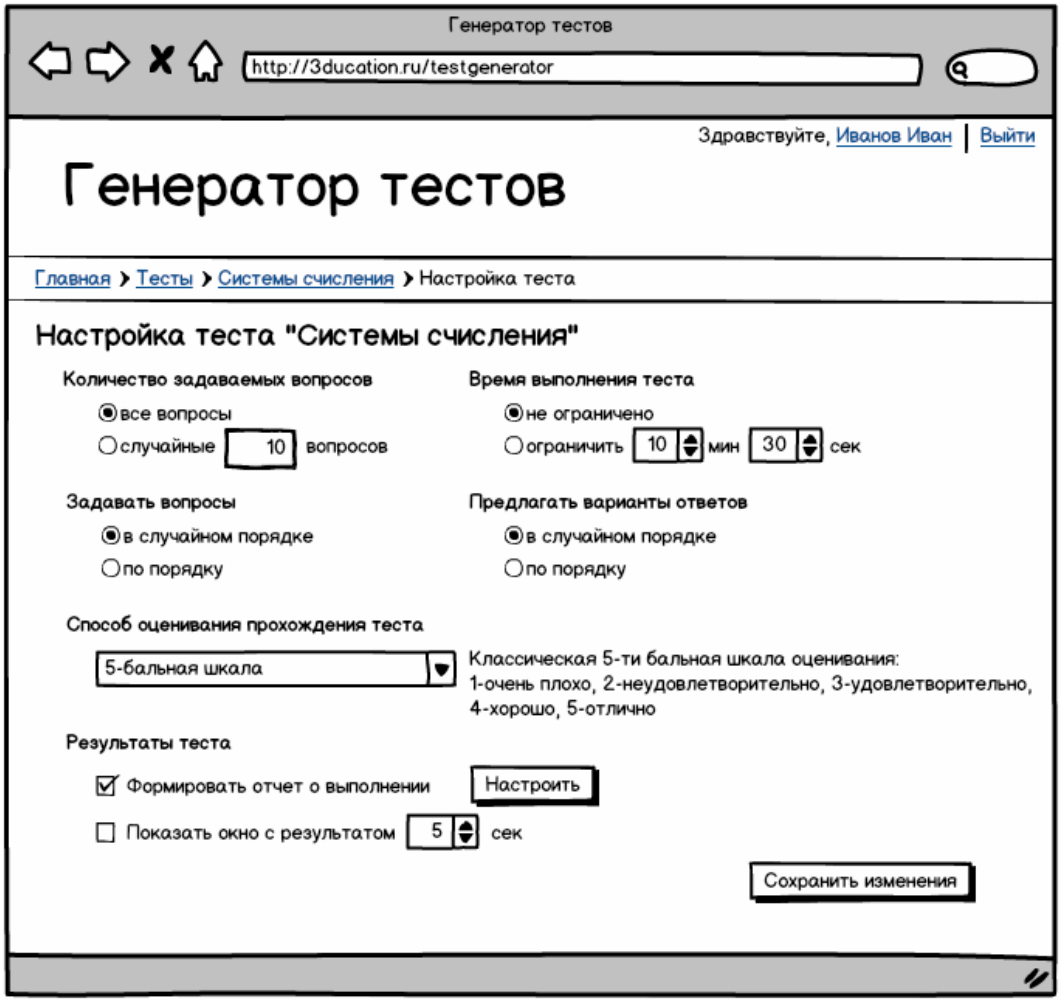


Рис. 2. Прототип окна настройки теста

Генератор тестовых заданий разрабатывается с применением программной платформы .NET Framework на языке C# и технологии создания веб-приложений ASP.NET. База данных тестовых заданий легко расширяется за счет повторного использования ранее описанных шаблонов при создании новых шаблонов тестовых заданий.

В качестве перспектив развития можно отметить, что генератор тестовых заданий планируется интегрировать в виде отдельного модуля в системы электронного дистанционного обучения, построенные на базе LMS Moodle.

И.В. Семушин[1], В.В. Угаров[1], Ю.В. Цыганова[1],
А.И. Афанасова[1], И.Н. Куличенко[2]

ОПЫТ ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ОБУЧЕНИЯ В УНИВЕРСИТЕТАХ УЛЬЯНОВСКА*

([1]Ульяновский государственный университет,
[2]Ульяновский государственный технический университет)

Предпосылки

На протяжении многих лет в высшем образовании существует *разрыв между желаемым и действительным поведением студента, между желаемым и действительным уровнем компетентности выпускника вуза*. Эта *проблема* особенно тревожит на факультетах прикладного, инженерного профиля, призванного обеспечивать ресурс инновационного технологического развития страны. Причины и средства преодоления этого разрыва являются предметом многих дискуссий, инициатив и проектов [1].

Одним из подходов к модификации поведения студента (и преподавателя) инженерных дисциплин является проектно-ориентированное обучение, возникшее, по данным [2], сто лет назад и снова набирающее силу [3]. В рамках этого подхода студенту (или небольшой группе студентов) предлагается выполнение не отдельных, малосвязанных заданий, а некоторого полноценного проекта. Во время работы над проектом под руководством опытного преподавателя студенты разрабатывают, проектируют и реализуют задание, получая при этом некоторый законченный продукт. Этот подход в полной мере отражён во всемирной инициативе CDIO (Conceive-Design-Implement-Operate), запущенной в октябре 2000 года тремя университетами Швеции и Massachusetts Institute of Technology (MIT).

В Ульяновске проектно-ориентированное обучение (ПОО) возникло независимо в УлГУ (1989 год, Филиал МГУ им. М.В. Ломоносова) при чтении дисциплин, связанных с вычислительной математикой, информатикой и программированием, и с 1995 года оно применяется также в УлГТУ. Как бы ни называлась дисциплина, особенность подхода выражается в следующем воображаемом диалоге. *Студент*: “Я знаю этот метод и хочу получить более высокую оценку”. *Преподаватель*: “Если вы знаете этот метод, тогда научите этому компьютер”. Студент не просто программирует метод, а создаёт продукт, позволяющий проводить широкие вычислительные эксперименты и снабжённый многими сервисными функциями для этого. Эти программные продукты мы называем академическими программными продуктами (АПП). Мы стремимся к тому, чтобы АПП приближались по качеству к профессиональным программным продуктам (ППП), – такова общая парадигма ПОО в наших университетах.

* Работа выполняется при частичной поддержке гранта РФФИ, проект № 14-07-00665.

Методика и инструменты оценивания

Известны требования по стандарту ИСО 9000, необходимые для создания эффективной системы управления качеством. Известно, что качественный продукт можно создать только на предприятии с высоким уровнем производства. Этот тезис применим и к софтверным предприятиям. Для оценки их уровня применяется одна из наиболее распространенных методик, основанная на *модели зрелости процесса разработки* (CMM) [4]. Модель содержит пять уровней: (1) начальный, (2) повторяемый, (3) определённый, (4) управляемый, (5) оптимизирующий. Уровень зрелости присваивается предприятию после аттестации по набору критериев, определённому стандартом.

Термин «Уровень зрелости» применим и к высшему учебному заведению. Этот уровень может быть определен по основным критериям, включая уровень преподавания, уровень квалификации профессорско-преподавательского состава, уровень оснащённости учебным оборудованием, уровень библиотеки с широким выбором специальной литературы, а также и уровень качества АПП.

Для оценки эффективности ПОО в области информационных дисциплин в УлГУ разработана методика и инструменты оценки качества совокупности АПП на основе метрик Холстеда [5]. Они использовались в 1999-2005 годах, когда основным изучаемым языком программирования был Pascal и среда Delphi. В настоящее время ведётся разработка подобной методики для ряда курсов математического цикла, с ориентацией на языки C++, C# и MATLAB. Осреднённая оценка качества АПП выводится по большому количеству АПП, сохраняемых в базе данных. Специально созданная программа производит анализ каждого АПП по заранее определённым показателям из метрики Холстеда, и затем все результаты обобщаются и статистически оцениваются.

Получаемые интегральные оценки показателей качества АПП используются далее для ввода в модель управления учебным процессом.

Обратная связь

В ходе учебного процесса студентами создается совокупность академических продуктов (текстов программ и исполняемых модулей):

$$AP = \{ ap_1, ap_2, \dots ap_j, \dots ap_n\}, j = 1,2, \dots n.$$

В то же время на основе заказов из внешнего мира профессиональными разработчиками создаются профессиональные программные продукты, которые востребованы этой средой, функционируют в ней и, естественно, по большинству параметров удовлетворяют потребностям этой среды. Введём в рассмотрение совокупность профессиональных продуктов:

$$PP = \{ pp_1, pp_2, \dots pp_k, \dots pp_m\}, k = 1,2, \dots m.$$

В результате экспертной оценки качества каждой совокупности (как академических, так и профессиональных продуктов) получаем два вектора оценок качества в статистическом смысле:

$$VAP = F1\ (AP, OKP), \quad VPP = F2\ (PP, OKP),$$

где $F1$, $F2$ – функции, OKP – оценочные критерии программных продуктов. Затем применяем к полученным векторам оценок процедуру $F3$ обнаружения рас-

согласования, в результате которой определяем вектор рассогласования *VR* для принятия управленческого решения:

$$VR = F3\ (VAP,\ VPP,\ OKP).$$

Решения по модификации учебного процесса преподаватели формируют эвристически с учётом сходных решений и с опорой на свой предыдущий опыт.

Заключение

В настоящее время оценка качества учебного процесса в отдельно взятом подразделении учебного заведения является трудоёмкой задачей. Однако оценить некоторые аспекты учебного процесса на основе статистического анализа, используя критерии оценки качества программных продуктов, возможно и на нынешнем этапе, благодаря разработанным инструментам и методикам. Получаемые оценки могут быть обсуждены и практически использованы для совершенствования методики преподавания и организации учебного процесса.

Важно, что академические программные продукты, получаемые в результате учебной деятельности, являются готовым материалом для автоматизированного процесса оценки качества этих продуктов. Следует также учесть, что академический программный продукт является результатом творческого труда студента, в интегрированной форме отражающим достигнутый на данный момент уровень знаний, способностей и навыков, необходимых для выполнения этой работы. Тем самым оценка качества программного продукта в определённой степени отражает достигнутый уровень профессионального развития студента. Автоматизированный процесс обработки АПП позволяет резко сократить трудозатраты преподавателя: выполнять обработку большого количества материалов и получать достоверные результаты в ходе статистического анализа программ, созданных студентами, по профессиональным критериям качества.

Литература

1. Семушин, И.В. Модификация поведения студента и преподавателя инженерных дисциплин (проект FCA+PBL=BM) / И.В. Семушин, В.В. Угаров // Московское научное обозрение. – М., 2013. – 9(37). – С.3-8.
2. Min Liu. Middle School Students as Multimedia Designers: A Project-Based Learning Approach / Yu-Ping Hsiao, Yu-Ping Hsiao // Jl. of Interactive Learning Research. – 2002. – Vol.13. – No.4. – p.311-337.
3. Semoushin, Innokenti. Computational and Soft Skills Development through the Project Based Learning / Innokenti Semoushin, Julia Tsyganova, Vladimir Ugarov // P.M.A. Sloot *et al*. (eds.): LNCS 2658, Springer-Verlag. – 2003. – p. 1098-1106.
4. SW-CMM. Capability Maturity Model for Software. [http://ryabikin.narod.ru/sw-cmm/] (Accessed 08.05.2014).
5. Холстед, М.Х. Начала науки о программах / Пер. с англ. В.М. Юфы. // Финансы и статистика. – М., 1981. – 128 с., ил.

Е.А. Шумская, Л.С. Зеленко

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АРХИТЕКТУРНОГО СТИЛЯ REST ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ УЧЕБНОГО КУРСА «НАДЁЖНОСТЬ, ЭРГОНОМИКА И КАЧЕСТВО АСОИУ»

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Требования к качеству образования растут с каждым годом, но количество часов, выделяемых на изучение дисциплины, не увеличивается. В связи с этим преподаватели активно разрабатывают новые методики обучения, и на помощь им приходят новые информационные технологии, которые позволяют организовать дистанционное обучение. Достоинства дистанционного обучения очевидны: обучающиеся не ограничены расстоянием и могут учиться в независимости от места проживания и в подходящее им время, растёт качество обучения за счет применения современных средств, объемных электронных библиотек и т.д.

На кафедре программных систем СГАУ авторами была разработана автоматизированная система для поддержки учебного курса «Надёжность, эргономика и качество АСОИУ», которая включает в себя несколько лабораторных практикумов, позволяет автоматизировать некоторые расчеты и вычислить необходимые показатели с заданной точностью, а также более эффективно осуществлять контроль знаний студентов. Система была спроектирована для использования исключительно в локальной сети. Поскольку дисциплина «Надёжность, эргономика и качество АСОИУ» преподается в очно-дистанционном «формате», то появилась необходимость разработать новую версию системы и интегрировать ее в информационное пространство кафедры программных систем СГАУ. Для того чтобы осуществлять взаимодействие со сторонними приложениями обычно используются веб-сервисы или веб-службы. Веб-службы обеспечивают взаимодействие программных систем независимо от платформы. Например, Windows-C#-клиент может коммуницировать с Java-сервером, работающим под Linux. Веб-службы могут взаимодействовать друг с другом и со сторонними приложениями посредством сообщений, основанных на определённых протоколах (SOAP, XML-RPC, REST и т. д.).

При проектировании новой версии системы для поддержки учебного курса «Надёжность, эргономика и качество АСОИУ» авторами выбран архитектурный стиль REST(сокр. англ. Representational State Transfer, «передача состояния представления» или «передача репрезентативного состояния»). Самой известной системой, построенной в значительной степени по архитектуре REST, является современная Всемирная паутина.

Данные в REST должны передаваться в виде небольшого количества стандартных форматов (например, HTML, XML, JSON). Сетевой протокол (как

и HTTP) должен поддерживать кэширование, не должен зависеть от сетевого слоя, не должен сохранять информацию о состоянии между парами «запрос-ответ». Такой подход обеспечивает масштабируемость системы и позволяет ей эволюционировать в соответствии с новыми требованиями. Основными достоинствами REST по сравнению с реализацией подхода, основанного на вызове удаленных процедур (Remote Procedure Call - RPC), на базе стандарта SOAP является большая скорость передачи данных за счёт меньшего объёма пересылаемых сообщений и единообразие запросов и ответов.

REST предполагает, что каждый объект является ресурсом, расположенным по определённому адресу, и для работы с ним вполне достаточно уметь выполнять четыре типа действий: создание (Creation), восстановление (Retrieval), изменение (Update) и уничтожение (Destruction). Из этих действий получается так называемый «шаблон проектирования» CRUD. Протокол HTTP определяет методы GET/PUT/POST/DELETE, которые и реализуют шаблон CRUD.

Например, для получения журнала группы 6123 М 301, необходимо выполнить запрос GET /journal/6123M, для выставления оценки студенту Петрову – POST /journal/6123M/petrov (данные в теле запроса).

Структура новой версии системы, разработанная с использованием рекомендаций компании Microsoft (Microsoft Architecture Guide), представлена на рис. 1. Такая структура позволяет создать тестируемую, легко масштабируемую распределённую систему, и, что особенно актуально, предоставляет возможность работать с ней на различных устройствах, имеющих подключение к сети Internet.

Рис. 1. Структура системы

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.В. Бирюков

СИНТЕЗ МНОГОЦЕЛЕВЫХ ОРБИТАЛЬНЫХ СТРУКТУР КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДЗЗ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

В современной теории движения ИСЗ становится актуальным вопрос о взаимодействии и эффективной работе группировок, состоящих из нескольких систем, которые в свою очередь состоят из спутников ДЗЗ с разной аппаратурой на борту.

В работе рассматриваются различные варианты состава орбитальных систем из КА с разными типами аппаратуры наблюдения. Она существует трёх видов: оптико-электронная, инфракрасная, радиолокационная. У каждого вида аппаратуры имеются свои недостатки и преимущества.

Оптико-электронная аппаратура дает возможность непосредственно получать изображение земной поверхности в разных оптических диапазонах, но не может эффективно работать в области тени. Инфракрасная аппаратура может получать изображение не только в области светового пятна, но и в области тени, но для нее существуют температурные ограничения, связанные с контрастностью при съемке и охлаждением самой аппаратуры. Радиолокационная система наблюдения также не имеет ограничений по освещенности, однако недостатком является раздвоенность полосы обзора КА, это обусловлено особенностью работы радиолокатора.

В выборе варианта построения орбитальной группировки важным является периодичность и кратность наблюдения земной поверхности.

Проведен подробный анализ всех возможных построений орбитальных группировок из нескольких систем и отдельных аппаратов.

Из рассмотренных вариантов построения были выявлены те, которые отвечают требованиям в рамках современных задач ДЗЗ.

Построение орбитальных систем из аппаратов с оптико-электронной аппаратурой зависит от величины межвиткового интервала и колличества самих аппаратов n. Такая зависимость обусловлена тем, что в этом случае достигается равномерность ппокрытия.

где ε – некоторый коэффициент пропорциональности, который может быть равен как целым, так и рациональным числам; L_{MB} – межвитковый интервал.

Такая же зависимость будет актуальна и для аппаратов с инфракрасной аппаратурой, но в картине покрытия будет присутствовать и теневой участок.

Для радиолокационных аппаратов наилучшим является их расположение в одной или двух орбитальных плоскостях, таким образом, чтобы часть раздвоеной полосы одного аппарата перекрывала не наблюдаемые подспутниковые области другого.

В продолжении работы могут рассматривать все возможные варианты для смешанных систем. Так как общей методики формирования таких систем из различных по характеристикам аппаратов еще не существует, то данное исследование представляется актуальным

И.В. Дидрих

О НАДЕЖНОСТИ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

(Тамбовский государственный технический университет)

В настоящее время идет бурное развитие программных и технических средств, поэтому актуальной является проблема оценки их надёжности.

Для решения задач управления (в самых разнообразных предметных областях) широко применяются информационные и информационно-управляющие системы (ИС), которые выполняют множество различных функций по сбору, обработке, передаче и отображению информации в режиме реального времени.

Основной базой таких систем является программно-технический комплекс (ПТК). Каждый ПТК является отработанным комплексом решений, формализованных для конкретного направления деятельности, и позволяет строить на своей базе автоматизированные системы.

ПТК представляет собой сложную вычислительную систему, являющуюся объединением комплекса технических средств (КТС) и программного обеспечения (ПО), реализующих все функции ИС.

Как правило различают два вида ПО: системное и прикладное. Системное программное обеспечение необходимо для функционирования компьютера, работы с файлами, защиты программ и данных, а также для разработки прикладного программного обеспечения. К системному ПО относятся операционные системы, СУБД, драйверы и др. Прикладное ПО - это множество программ, решающих функциональные задачи системы. В докладе рассматривается только прикладное ПО, так как вероятность ошибки прикладного ПО значительно выше, чем вероятность ошибки системного ПО.

КТС состоит из множества технических устройств (ТУ), обычно, объединенных общей локальной вычислительной сетью, обеспечивающих решение функциональных задач системы. Элементами КТС являются компьютеры различного назначения (серверы, рабочие станции), хранилища информации, источники бесперебойного питания, принтеры, плоттеры, сканеры, информационные доски, модемы, маршрутизаторы, коммутаторы, кабельные соединения и т.п.

В процессе функционирования ИС выполняется (одновременно или в определенной последовательности) несколько информационных задач, различных по важности, по требуемым ресурсам, по продолжительности решения. Каждую отдельную задачу, которая решается в данной ИС, будем называть функцией ИС. Потребность в выполнении тех или иных функций определяется внешней средой ИС, т.е. случайным потоком входных заявок на выполнение различных функций.

Функция может «отказать» (не выполняться) в момент поступления заявки, если в этот момент произойдет отказ ТУ, которое используется при выполнении функции, или в случае, если на вход программы, реализующей функцию, поступили данные, при которых проявилась скрытая ошибка в программе.

В докладе рассматривается постановка задачи оценки надежности многофункциональных ПТК с учетом возможных отказов, как технических устройств, так и программного обеспечения.

Предполагается, что каждая функция ИС исполняется отдельной программой (процессом, потоком), которая может быть запущена или остановлена при вызове или завершении выполнения функции.

Все функции можно разделить на внутренние и внешние (выходные). Внутренние функции обеспечивают выполнение каких-либо других функций системы. Внешние функции обуславливают результат функционирования ИС, потребляемый пользователем.

Связи между функциями понимаются в том смысле, что программа одной функции в качестве входных данных использует результаты, полученные при выполнения программы другой функции. В этом случае можно говорить, что одна функция обеспечивает выполнение другой функции. Такой подход позволяет ввести понятие функциональной структуры ИС.

Функциональную структуру ИС формально будем представлять графом $G = (D, V)$, где D - множество вершин графа, отождествляемых с отдельными функциями, а V - множество дуг, соединяющих вершины и указывающих направление связи. Предполагается, что циклы в графе отсутствуют. Структура программ определяется таким образом, что все действительно существующие обратные связи (циклы) локализованы внутри одной программы.

Каждой дуге $v_{ij} = (d_i, d_j) \in V$ ставится в соответствие коэффициент влияния v_{ij}, величина которого характеризует силу влияния функции d_i на функцию d_j $(d_i, d_j \in D)$, $v_{ij} \in (0, 1]$. Если $v_{ij} = 1$, то функция d_j может выполняться только при условии успешного выполнения функции d_i. При $v_{ij} = 0$, функция d_j не зависит от функции d_i, и это, по сути, равносильно тому, что соответствующая дуга v_{ij} на графе G отсутствует.

При $0<v_{ij}<1$ функция d_j может в некоторых случаях выполняться независимо от функции d_i. Величину v_{ij} можно интерпретировать как относительную долю случаев, когда отказ функции d_i приводит к отказу функции d_j.

Приближенная величина v_{ij} может быть найдена методом экспертных оценок. На рис. 1 показан пример графа ***G***.

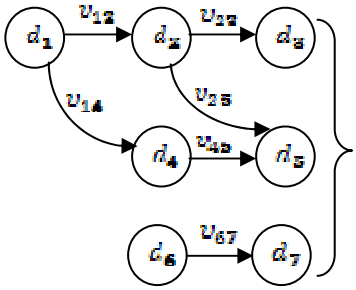


Рис. 1. Пример графа функциональной структуры ИС (граф ***G***)

Функции могут существенно различаться по их важности (по «вкладу», который они вносят в эффективность функционирования ИС). Степень важности функции d_i будем оценивать коэффициентом относительной важности w_i. Величину коэффициента w_i можно интерпретировать как относительный ущерб, который понесет система в случае отказа функции d_i. Для внешних функций значения w_i могут быть определены методом парных сравнений [1, 2], при этом значения w_i находятся в интервале [0, 1] и удовлетворяют условию. Для всех остальных (внутренних) функций коэффициенты относительной важности определяются по формуле:

$$w_i = \sum_{f_j \in F_i} v_{ij} w_j$$

где D_i - множество функций, для которых функция d_i является непосредственно обеспечивающей ($d_k \in D_i$, если существует дуга $v_{ik} = (d_i, d_k)$).

Расчеты по формуле начинаются с функций, непосредственно обеспечивающих выходные функции. После этого последовательно рассчитываются коэффициенты для всех остальных внутренних функций.

Далее, можно переходить к вычислению показателей надежности многофункциональных программно-технических комплексов.

Литература

1. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов: Учеб.пособ. – СПб.: Питер, 2005. – 479 с.

2. ГОСТ 27.205. Надежность в технике. Проектная оценка надежности сложных систем с учетом технического и программного обеспечения и оперативного персонала.

Ю.М. Заболотнов, А.А. Лобанков

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ КОЛЕБАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ С ГИРОСКОПИЧЕСКИМИ СЛАГАЕМЫМИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Целью работы является разработка метода расчета приближенно оптимального регулятора для стабилизации движения колебательной системы с гироскопическими слагаемыми. Данная задача возникает при управлении движением твердого тела относительно центра масс во многих прикладных задачах. Предполагается, что движение твердого тела близко к движению в классическом случае Лагранжа. Метод основывается на совместном применении принципа динамического программирования Беллмана и метода усреднения. Метод усреднения применяется для приближенного решения уравнения Гамильтона – Якоби – Беллмана, что позволяет осуществить синтез регулятора.

Синтез регулятора в данной работе проводится для малых углов нутации, то есть невозмущенная система представляет собой линейную систему с гироскопическими членами. После преобразования системы к нормальным координатам [1] синтез управления осуществляется по квадратичному критерию оптимальности на асимптотически большом интервале времени. Обратное преобразование координат позволяет записать уравнение регулятора в исходных переменных и, тем самым, решить поставленную задачу. В качестве примера приводится аналитическое решение задачи синтеза приближенно оптимального регулятора для линейных возмущений и при медленном изменении восстанавливающего момента от силы тяжести.

Рассмотренная методика синтеза приближенно оптимального регулятора может быть применена для компенсации дестабилизирующего действия возмущающих моментов во многих прикладных задачах: при движении твердого тела в атмосфере планет [2]; для стабилизации углового движения твердого тела на тросе [3], для малых спутников с магнитной системой ориентацией [1] и др.

Движение твердого тела вокруг неподвижной точки описывается классическими динамическими и кинематическими уравнениями Эйлера относительно некоторой неподвижной системы координат. Имея в виду синтез управления, стабилизирующего движение твердого тела относительно статически устойчивого положения равновесия, определим углы Эйлера определяются относительно неподвижной системы координат $Ox_1y_1z_1$ так, как это показано на рис.1, где ψ, θ и φ - углы прецессии, нутации и собственного вращения; $Oxyz$ - связанная с твердым телом система координат; $\vec{G}$ - вектор силы тяжести; C - центр масс тела; $\Delta\vec{r}$ - радиус-вектор, определяющий положение центра масс тела относительно неподвижной точки O.

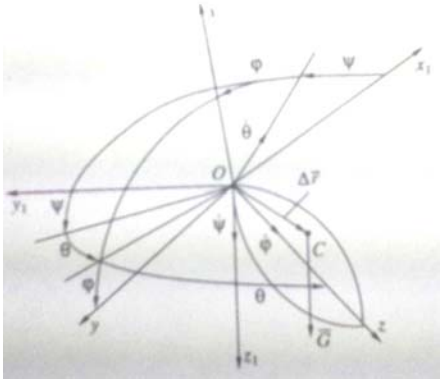


Рис. 1

Уравнения движения твердого тела записываются в комплексной форме при малых углах нутации [2]

$$\frac{d^2\xi}{dt^2} - i\,\overline{J}_z\omega_z\frac{d\xi}{dt} + \omega^2(r)\xi = \varepsilon F\left(r,\xi,\frac{d\xi}{dt},\omega_z\right) + \varepsilon u, \qquad (1)$$

где $\xi = \beta + i\alpha$ - комплексный угол нутации ($|\xi| = \theta$), i - мнимая единица, ω_z - угловая скорость вращения твердого тела вокруг продольной оси, $\overline{J}_z = J_z / J$, J_z и J - моменты инерции, $\overline{J}_z = J_z / J$, $u = u_\beta + iu_\alpha$ - управление, $F\left(r,\xi,\frac{d\xi}{dt},\omega_z\right)$ - возмущающие функции, $\omega^2(r)$ - с точностью до множителя момент от силы тяжести, r - вектор медленно изменяющихся параметров, ε - малый параметр задачи.

Решение невозмущенного уравнения (1) при $\varepsilon = 0$ можно записать в виде

$$\xi = a_1 e^{i\psi_1} + a_2 e^{i\psi_2}, \qquad (2)$$

где a_1 и a_2 - амплитуды колебаний (вещественные величины), $\text{г}_1 = \text{щ}_1 t + \text{г}_1(0)$ и $\text{г}_2 = \text{щ}_2 t + \text{г}_2(0)$ - фазы; $\text{г}_1(0), \text{г}_2(0)$ - начальные значения фаз; $\omega_{1,2} = \overline{J}_z\omega_z / 2 \pm \omega_\theta$ - частоты колебаний; $\omega_\theta = \sqrt{\overline{J}_z^2\omega_z^2 / 4 + \omega^2}$.

Ставится задача определения управления εu, обеспечивающего динамическую устойчивость движения твердого тела вокруг неподвижной точки в силу уравнения (1) и исходя из минимума квадратичного критерия оптимальности

$$I = \varepsilon\int_0^T W\left(a_1, a_2, u_\alpha, u_\beta\right)dt, \qquad (3)$$

где $W\left(a_1, a_2, u_\alpha, u_\beta\right) = b_1 a_1^2 + b_2 a_2^2 + c\left(u_\alpha^2 + u_\beta^2\right)$, $b_1, b_2, c > 0$ - весовые коэффициенты. Причем амплитуды колебаний определяются в силу возмущенной системы и должны удовлетворять условиям динамической устойчивости $\frac{da_1}{dt}, \frac{da_2}{dt} < 0$ в каждый момент времени.

Движение твердого тела рассматривается на асимптотически большом промежутке времени $T = L/\varepsilon$, где $L < \infty$ - некоторая константа, поэтому функционал (3) изменяется на величину порядка $O(1)$.

Дифференцируя функцию (2) по времени в силу невозмущенной системы, получим

$$\frac{d\xi}{dt} = i\left(a_1\,\omega_1 e^{i\psi_1} + a_2\omega_2\, e^{i\psi_2}\right). \tag{4}$$

Рассматривая соотношения (2) и (4) как замену переменных $\left(\xi, \frac{d\xi}{dt}\right) \Rightarrow (a_1, a_2, \psi_1, \psi_2)$ и применяя метод вариации произвольных постоянных, найдем [2]

$$\frac{da_{1,2}}{dt} = \mp\frac{1}{2\omega_\theta}\left[a_{1,2}\dot{\omega}_{1,2} + a_{2,1}\dot{\omega}_{2,1}\cos(\psi_2 - \psi_1) - \varepsilon\,\mathrm{Im}\left((F+u)e^{-i\psi_{1,2}}\right)\right], \tag{5}$$

$$\frac{d\psi_{1,2}}{dt} = \omega_{1,2} + \frac{1}{2\omega_\theta a_{1,2}}\left[a_{2,1}\dot{\omega}_{2,1}\sin(\psi_1 - \psi_2) \mp \varepsilon\,\mathrm{Re}\left((F+u)e^{-i\psi_{1,2}}\right)\right], \tag{6}$$

где $\dot{\omega}_{1,2} = \frac{d\omega_{1,2}}{dt} = O(\varepsilon)$, так как частоты зависят от вектора r медленно изменяющихся параметров; $\mathrm{Re}(\cdot)$ и $\mathrm{Im}(\cdot)$ - действительная и мнимая части приведенных функций.

Согласно принципу динамического программирования, оптимальное управление определяется из условия [4]

$$\min_{u_\alpha, u_\beta}\left(\frac{\partial V}{\partial a}\cdot\frac{da}{dt} + \frac{\partial V}{\partial \phi}\cdot\frac{d\phi}{dt} + \frac{\partial V}{\partial r}\cdot\frac{dr}{dt} + W\left(a, u_\alpha, u_\beta\right)\right) = 0, \tag{7}$$

где $V(a, \phi, r)$ - производящая функция, а точка $(\cdot)$ означает скалярное произведение векторов.

Выражение, стоящее под знаком минимума, представляет собой квадратичный степенной полином по компонентам управления u_α, u_β. Поэтому, взяв от этого выражения частные производные по u_α, u_β и приравняв их к нулю, нетрудно получить оптимальное управление в виде

$$u_\beta^o = \frac{1}{4c\omega_\theta}\sum_{k=1}^{2}(-1)^k\left(\frac{\partial V}{\partial a_k}\cos\psi_k - \frac{1}{a_k}\frac{\partial V}{\partial \psi_k}\sin\psi_k\right), \tag{8}$$

$$u_\alpha^o = \frac{1}{4c\omega_\theta}\sum_{k=1}^{2}(-1)^{k+1}\left(\frac{\partial V}{\partial a_k}\sin\psi_k + \frac{1}{a_k}\frac{\partial V}{\partial \psi_k}\cos\psi_k\right). \tag{9}$$

Выражения (8–9) обеспечивают минимум функционала (3) в силу положительной определенности функции $W(a_1, a_2, u_\alpha, u_\beta)$ и при надлежащем определении производящей функции V. Подставив соотношения (8–9) в выраже-

ние (7) приходим к уравнению в частных производных Гамильтона – Якоби – Беллмана

$$\varepsilon\frac{\partial V}{\partial a}\cdot X\left(a,\phi,r\right)+\varepsilon\frac{\partial V}{\partial \phi}\cdot Y\left(a,\phi,r\right)+\frac{\partial V}{\partial \phi}\cdot\omega\left(r\right)+\frac{\partial V}{\partial r}\cdot\frac{dr}{dt}+$$

$$+\varepsilon\sum_{k=1}^{2}b_k a_k^2+U=0. \qquad (10)$$

Здесь $\frac{dr}{dt}=O\left(\varepsilon\right)$, $U=-\varepsilon c\left[\left(u_\alpha^o\right)^2+\left(u_\beta^o\right)^2\right]$, где u_α^o и u_β^o определяются выражениями (8–9).

Для определения приближенного решения уравнения Гамильтона – Якоби – Беллмана используется стандартный метод усреднения. В этом случае управление удается определить аналитически, то есть осуществить синтез управления.

Так, например, приближенно оптимальное управление, когда $F=0$, имеет вид

$$u_\alpha=\frac{\sqrt{b_1}a_1\sin\gamma_1+\sqrt{b_2}a_2\sin\gamma_2}{\sqrt{c\omega_\theta}},\ u_\alpha=\frac{\sqrt{b_1}a_1\cos\gamma_1+\sqrt{b_2}a_2\cos\gamma_2}{\sqrt{c\omega_\theta}}.$$

Литература

1. Ярошевский В.А. Движение неуправляемого тела в атмосфере. Москва. Машиностроение. 1978..

2. Заболотнов Ю. М., Любимов В.В. Вторичные резонансные эффекты при вращении твердого тела вокруг неподвижной точки // Механика твердого тела. 2002. № 1. С. 49-59.

3. Заболотнов Ю. М., Наумов О.Н. Движение спускаемой капсулы относительно центра масс при развертывании орбитальной тросовой системы // Космические исследования. 2012. Т. 50. № 2. С. 177-187.

4. Летов А.М. Динамика полета и управление. Москва. Наука. 1969. 360 с.

Д.В. Кирш, А.В. Куприянов

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РЕШЁТОК В ТРЁХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

(Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королёва)

Введение

Кристаллическая решётка – это присущее кристаллам регулярное расположение частиц, характеризующееся периодической повторяемостью в трёх измерениях.

Задача структурной идентификации кристаллической решётки является одной из основных задач рентген-дифракционного анализа. Для её решения был предложен эффективный подход, основанный на сравнении параметров, идентифицированных у исследуемой решётки, с параметрами эталонных решёток [1]. Точная структурная идентификация кристаллической решётки с применением указанного подхода требует наличия большой базы заранее смоделированных решёток, параметры которых будут выступать в качестве эталонных.

В настоящей работе описывается разработанная информационная система, позволяющая моделировать кристаллические решётки в трёхмерном пространстве по заданному набору параметров.

1. Исходные параметры моделирования

Ввиду периодичности кристаллической решётки для её описания достаточно знать параметры её элементарной ячейки. В основе разработанной системы моделирования лежит представление элементарной ячейки в виде тройки некомпланарных векторов – основных векторов трансляции.

Исходными параметрами для моделирования кристаллической решётки были выбраны следующие:

1. Длины трёх сторон l_1, l_2, l_3 и величины трёх углов $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ (рисунок 1).

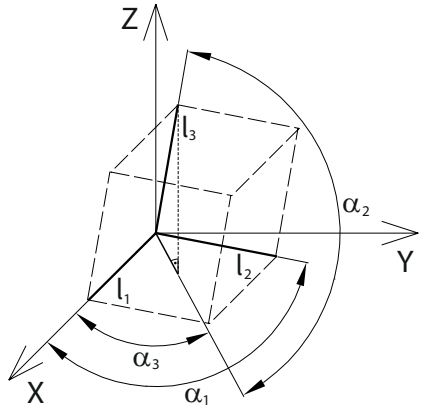


Рис. 1. Задаваемые параметры элементарной ячейки

2. Количество узлов решётки по каждому из векторов трансляции N_1, N_2, N_3.
3. Величины сдвига решётки относительно начала координат s_1, s_2, s_3.
4. Углы поворота решётки вокруг координатных осей $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$.
5. Дисперсии случайного смещения узлов относительно их изначального положения D_1, D_2, D_3.

Изображённый на рисунке 1 способ задания углов элементарной ячейки для моделирования кристаллической решётки отличается от способа задания углов, принятого в кристаллографии (рисунок 2). Он позволяет описывать все типы элементарных ячеек, причём его основным преимуществом является возможность независимого изменения углов друг от друга.

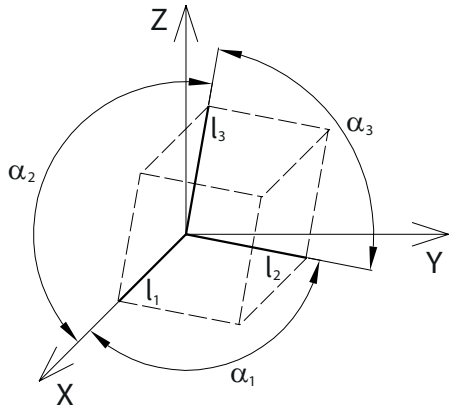


Рис. 2. Основные параметры элементарной ячейки Браве

2. Моделирование идеальной кристаллической решётки

Кристаллическая решётка, в которой отсутствуют дефекты, примеси и другие нарушения упорядоченности расположения её узлов, называется идеальной.

Для определения координат узлов идеальной кристаллической решётки необходимо вычислить тройку основных трансляционных векторов, определяющих элементарную ячейку Браве:

$$\overline{r_1} = \begin{pmatrix} l_1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}; \overline{r_2} = \begin{pmatrix} l_2 \cdot \cos(\alpha_1) \\ l_2 \cdot \sin(\alpha_1) \\ 0 \end{pmatrix}; \overline{r_3} = \begin{pmatrix} l_3 \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \cos(\alpha_3) \\ l_3 \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \sin(\alpha_3) \\ l_3 \cdot \sin(\alpha_2) \end{pmatrix}.$$

Кристаллическую решётку, полученную путём трансляции элементарной ячейки Браве, можно представить в виде трёхмерной регулярной сетки. Координаты её узлов $\overline{g}_k = (g_{k1}, g_{k2}, g_{k3})$, $k = \overline{0, N_1 \cdot N_2 \cdot N_3 - 1}$ находятся из следующего декартова произведения:

$$\left\{ i_1 \cdot \overline{r_1},\ i_1 = \overline{0, N_1 - 1} \right\} \times \left\{ i_2 \cdot \overline{r_2},\ i_2 = \overline{0, N_2 - 1} \right\} \times \left\{ i_3 \cdot \overline{r_3},\ i_3 = \overline{0, N_3 - 1} \right\}.$$

Полученная решётка имеет следующие особенности:

1. Один из узлов решётки совпадает с началом координат.
2. Решётка имеет вид параллельных слоёв (двухмерных решёток) одинаковой структуры, расположенных в плоскостях:

   $Z = i_3 \cdot l_3 \cdot \cos(\alpha_3)$, $i_3 = \overline{0, N_3 - 1}$.

В случае моделирования кристаллической решётки, случайным образом расположенной в пространстве, следует избавиться от указанных особенностей.

Для устранения первой особенности изменим координаты каждого узла решётки на вектор смещения $(s_1, s_2, s_3)^T$:

$$\overline{g}_k^I = \overline{g}_k + (s_1, s_2, s_3)^T.$$

Для устранения второй особенности повернём всю решётку на углы поворота $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ вокруг каждой из координатных осей:

$$\overline{g}_k^{II} = M_Z(\varphi_3) M_Y(\varphi_2) M_X(\varphi_1) \overline{g}_k^I,$$

где M_X, M_Y, M_Z – матрицы поворота в трёхмерном пространстве соответственно вокруг X, Y, Z – координатных осей.

На рисунке 3 изображены две смоделированные идеальные кубические решётки, различающиеся расположением в пространстве (поворотом вокруг координатных осей).

а) б)

Рис. 3. Пример моделирования идеальной кубической решётки
а) исходное расположение решётки без сдвигов и поворотов, б) случайное расположение решётки в пространстве

3. Моделирование искажённой кристаллической решётки

Описанный выше способ позволяет моделировать идеальные решётки, однако, в реальности всегда существуют как нарушения в структуре самого кристалла, так и некоторая погрешность определения координат узлов. Для моделирования особенности реальных измерений исказим идеальную решётку – добавим к координатам узлов решётки значения белого гауссовского шума:

$$\overline{g}_k^{III} = \overline{g}_k^{II} + \left(P_1, P_2, P_3\right)^T,$$

где $\left(P_1, P_2, P_3\right)$ – значения нормально распределённого трёхмерного случайного вектора с нулевым математическим ожиданием и дисперсиями $\left(D_1, D_2, D_3\right)$.

На рисунке 4 изображены две смоделированные искаженные кубические решётки, различающиеся дисперсиями шума.

а) б)

Рис. 4. Пример моделирования искажённой кубической решётки
а) искажение только по вертикальной оси (D_1=0.1, D_2=D_3=0), б) искажение по всем координатным осям (D_1=D_2=D_3=0.1)

Заключение

Разработанная информационная система моделирования кристаллических решёток в трёхмерном пространстве позволяет смоделировать любую решётку по заранее заданным параметрам, причём, параметры моделирования можно задавать и изменять независимо друг от друга.

Полученные в результате моделирования решётки могут быть использованы для детального исследования разрабатываемых методов параметрической идентификации кристаллических решёток – определение свойств инвариантности к положению решётки в пространстве, независимости от размера решётки, устойчивости к искажениям координат узлов.

Литература

1. Куприянов, А. В. О наблюдаемости кристаллических решёток по изображениям их проекций [Текст] / А.В. Куприянов, В.А. Сойфер // Компьютерная оптика. – 2012. – Т. 36, № 2. – С. 249-256.

2. Куприянов, А. В. Оценка меры схожести кристаллических решёток по координатам их узлов в трёхмерном пространстве [Текст] / А.В. Куприянов, Д.В. Кирш // Компьютерная оптика. – 2012. – Т. 36, № 4. – С. 590-595.

Вячеслав Котов

РЕШЕНИЕ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЯВЛЕНИЙ ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМА PAM-CEM SIMULATION SUITE

(Представительство ESI Group)

За последние десятилетия обеспечения электромагнитной совместимости технических средств становится главной целью для всех отраслей промышленности. Производители должны гарантировать, что их продукция отвечает правилам международного ЕМС стандарта. С ростом использования бортового электронного оборудования, соблюдение правил ЕМС на ранней стадии разработки является одним из важнейших технических вопросов, а возможность моделирования ЕМС является перспективным направлением, для сокращения временных и материальных затрат.

Решатели PAM-CEM/FD, 3D Maxwell в области электромагнетизма

Решатель PAM-CEM/FD (конечно-разностный метод) позволяет создать точный и быстрый расчет электромагнитной среды.

В случае решения задач электромагнитной совместимости достаточно просто описать идеальные электромагнитные волны, в то время как реалистичные модели передающих и приемных устройств разработаны в программе, чтобы соответствовать экспериментальным условиям на пути к виртуальной звукоизолирующей камере.

Рис. 1. Виртуальная звукоизолирующая камера

Явления проводимости в кабельной сети CRIPTE, многоканальной линии передач

Программное обеспечение CRIPTE основанное на электромагнитной топологии, позволяет проводить анализ всех явлений проводимости в кабельной сети. Включает в себя моделирование реалистичных соединений с участием сотней проводов, соединителей, подсети, защищенных кабелей, покрытия диэлектриками с потерями зависимыми от частот, скрытой проводки и многих других.

Сложные кабельные сети 3D/MTL Coupling

PAM-CEM Simulation Suite предоставляет уникальные возможности для обработки реалистичных моделей сложных кабельных сетей, которые сделаны из связок, состоящих из сотни проводов, интегрированных в реалистичную геометрию. Начиная с геометрической модели, представляющей проводку транспортного средства, а так же связанная с ним электрическая архитектура, все файлы данных автоматически генерируются для расчетов, опирающих на процедуры связи 3D/MTL.

Рис. 2. Излучение антенны

Когда речь идет о транспортной, авиационной или оборонной, телекоммуникационной, радиоэлектронной области, то пакет PAM-CEM Simulation Suite предназначен для решения реалистичных моделей на ранней стадии проектирования. Это предназначается для электромагнитных явлений, происходящих в средних и высокочастотных диапазонах. Инженеры могут решать целый ряд задач при помощи различных способов моделирования, способными работать с полностью реалистичными 3D моделями, таких как бортовые антенны или кабельные сети.

Глубокое понимание электромагнитных явлений предлагает программа PAM-CEM Simulation Suite для множества EMC/EMI приложений промышленных областей и широких частотных диапазонов, от излучений 3D эффектах (PAM-CEM/FD) к вызванным вдоль кабельных сетей (CRIPTE), но также низкочастотного диапазона (SYSMAGNA) к высокочастотному спектру RADAR

(PAM-CEM/HF исходя из физической оптики с эквивалентными краевыми токами).

Литература

1. Материалы веб-сайта https://www.esi-group.com

К.С. Кульга

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ ПОЗАКАЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА НАУКОЁМКИХ ИЗДЕЛИЙ

(Уфимский государственный авиационный технический университет)

Актуальность научной задачи. В условиях роста конкуренции и перехода на позаказное производство, необходимым условием успешного формирования производственного плана изготовления наукоёмких изделий (далее изделий) авиационными и машиностроительными предприятиями (далее предприятиями) является их активное участие в открытых аукционах (тендерах). Для моделирования предварительной плановой себестоимости изделий для тендеров применяются приближенные методы, имеющие следующие недостатки:

– невозможность проведения предварительного моделирования планово-экономических показателей для единичных изделий на подетальном уровне;
– значительное увеличение штата сотрудников в технических и коммерческих службах предприятия, участвующих в подготовке данных для постоянно увеличивающегося количества опросных листов тендеров. Низкая результативность: в производственном плане предприятия остается не более 2-3% от общего количества рассмотренных единичных изделий;
– фактическая себестоимость изготовления изделия оказывается значительно выше его предварительной плановой себестоимости (до 50%). Увеличение плана производства изделий не приводит к увеличению прибыли предприятия;
– отсутствие возможности использования исходных и результирующих наборов данных для последующей технической подготовки производства.

В настоящее время стало совершенно очевидно, что решение актуальной научной задачи моделирования предварительной плановой себестоимости единичных изделий, основанное на приближенных методах, является не эффективным, и в конечном итоге, приводит к значительному ухудшению экономических показателей предприятия.

Реализация научной задачи. Предлагается использовать методы и модели, реализованные в виде интегрированной автоматизированной информационной системы (ИАИС) предприятия *Stalker PLM* [1, 2] и электронную структуру изделия (ЭСИ). ЭСИ – это не менее сложный продукт, чем само изделие, разработка которого требует совершенно новых технологий для своего создания и

управления [3, 4]. ЭСИ основана на построении единой информационной модели (ЕИМ) ИАИС предприятия, которая устанавливает взаимосвязь свойств материальных объектов с характеристиками их функциональных структурных элементов, которые, в свою очередь, зависят от свойств этих объектов.

Вышеуказанная взаимосвязь является основным признаком целостности ЕИМ. Отношения между структурными элементами в ЕИМ ИАИС предприятия предлагается фиксировать в виде технологии иерархических представлений [1]. Это позволяет при объединении структурных элементов с формированием системных связей отражать одновременно как структурные, так и параметрические отношения, что исключает необходимость аналитического описания связей посредством уравнений. Предлагаемая технология позволила исключить моноцентризм иерархической модели, вводимой в теории графов, которая накладывает слишком жесткие ограничения на сценарий обработки содержащейся в ней информации, так как предусматривает единственный вход в её структуру. Каждый смысловой атрибут объявлен как потенциально корневой, даже если он является промежуточной вершиной основного дерева. Для каждой такой вершины формируется альтернативная иерархия атрибутов, в которой подграф, расположенный ниже вершины, останется без изменений, а остальная часть дерева будет инвертирована. Таким образом, достигается: возможность формирования множества альтернативных деревьев из одного основного дерева; множественность возможных точек входа в ЕИМ ИАИС предприятия.

Предлагаемая ЕИМ ИАИС предприятия является основой для реализации *PDM* (*Product Data Management*)-технологии, предназначенной для управления наборами данных деталей/сборочных единиц (ДСЕ) на стадиях технической подготовки и управления производством изделий в ИАИС *Stalker PLM* [1, 2].

На основании результатов синтеза структуры ИАИС предприятия, в состав ИАИС *Stalker PLM* включена система *Stalker FRP (Finance Requirements Planning)*, реализующая следующие новые функции (рисунок 1) [1, 2]:

- определение статей плановой себестоимости;
- ведение классификатора-ценника основных/вспомогательных материальных ресурсов и покупных изделий (номенклатура), деловых и технологических отходов. Исходные данные для классификатора-ценника определяются: из прайс-листов контрагентов; из приходных ордеров системы *Stalker MRP (Material Requirements Planning)*. Для повышения эффективности определения набора данных классификатора-ценника реализован режим «Ввод стоимости на группу» на основе использования условий отбора записей;
- учет цеховых и прочих расходов, последний вид расходов учитывается при расчете трудовых затрат основных производственных исполнителей;
- учет поправочных коэффициентов для видов работ основных производственных исполнителей;
- моделирование и формирование отчетов подетальных и сводных специфицированных отчетов материальных затрат на номенклатуру и её отходы (включая межцеховую кооперацию);

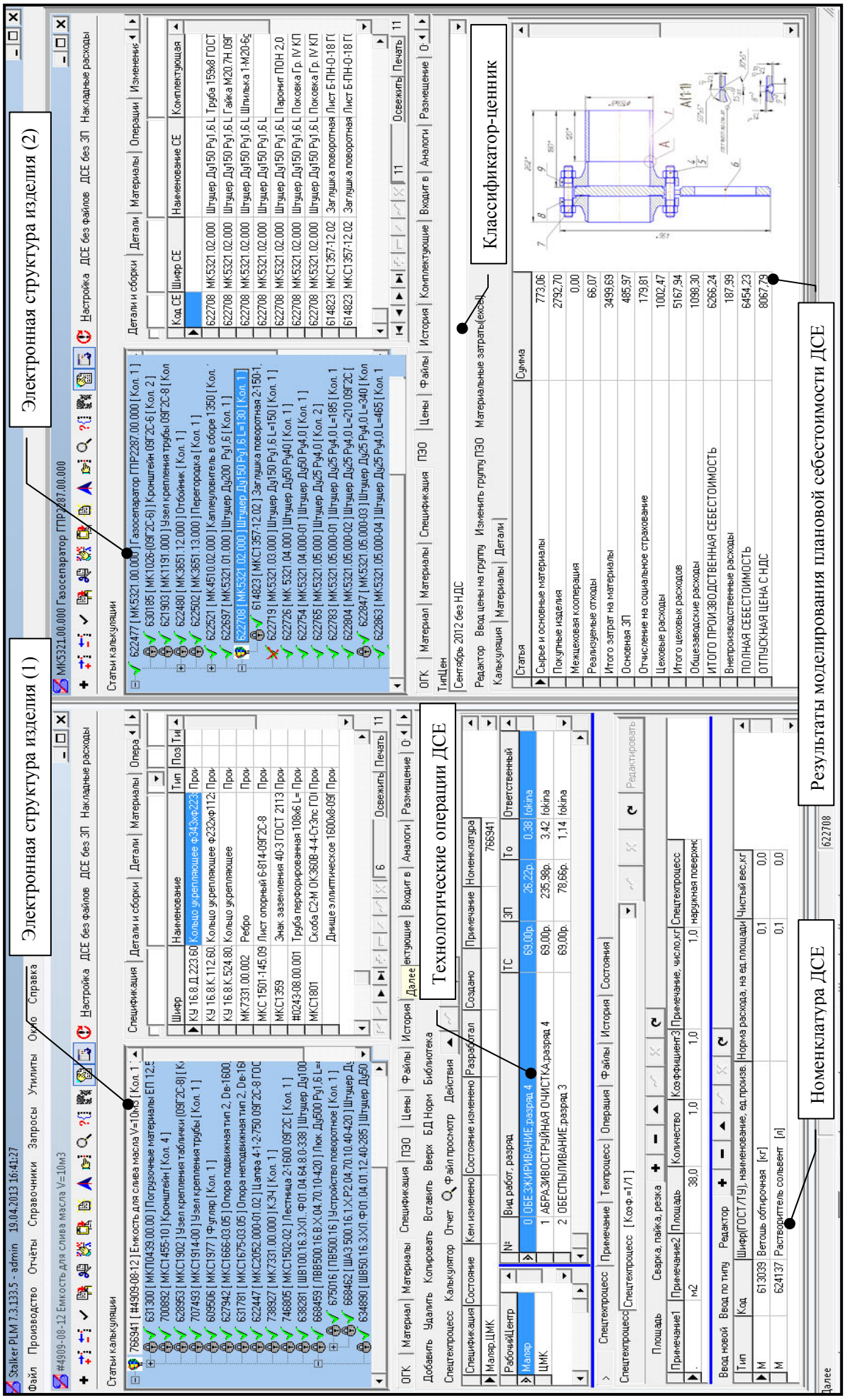


Рис. 1. Результаты моделирования предварительной плановой себестоимости изделия в ИАИС Stalker PLM

План-фактный анализ

Параметры данных: Сценарий = ФАКТ
Сценарий эталон = Калькуляция
Отображать пустые строки = Нет
Периодичность = Год
Период =
Отбор: Статья оборотов.Тип статьи Равно "БДР" И
Номенклатурная группа Равно "112.8182/1220098"

Статья оборотов	Итого			
	Сумма (регл.)			
	Сумма (эталон)	Сумма	Отклонение (абс.)	Отклонение (отн., %)
Внепроизводственные расходы	782 873,89		782 873,89	100,00
Выручка от реализации металлолома	80 104,43		80 104,43	100,00
Выручка от реализации товарной продукции основного производства		33 474 576,27	-33 474 576,27	-100,00
Дополнительная заработная плата основных производственных рабочих	191 111,05	307 498,24	-116 387,19	-60,90
Общепроизводственные расходы	3 057 776,69	2 775 786,96	281 989,73	9,22
Общехозяйственные расходы	1 911 110,40	3 785 466,22	-1 874 355,82	-98,08
Основная заработная плата основных производственных рабочих	1 911 110,40	2 419 002,22	-507 891,82	-26,58
Основные материалы (БДР)	18 256 583,55	18 266 449,64	-9 866,09	-0,05
Страховые взносы (БДР)	687 999,74		687 999,74	100,00
Итого	26 878 670,15	61 028 779,55	-34 150 109,40	-127,05

Рис. 2. Результаты план-фактного анализа в системе *1С-Бухгалтерия* [5]

– моделирование и формирование отчетов сводных плановой себестоимости для ДСЕ/изделий, включенных в производственный план предприятия;
– моделирование предварительной плановой себестоимости единичных ДСЕ/изделий для участия предприятия в тендерах. Количество таких моделирований себестоимости ДСЕ/изделий в месяц составляет не менее двух тысяч;
– моделирование параметров бюджета предприятия на основе разработанного прикладного программного обеспечения (обработки) для взаимодействия на уровне управления и наборов данных ИАИС *Stalker PLM* с учётно-хозяйственной системой *1С-Бухгалтерия* [5] (рисунок 2).

Заключение. Для моделирования эффективности работы предприятий разработано и апробировано программное обеспечение ИАИС *Stalker PLM*, обеспечивающее в ЕИП предприятия комплексную автоматизацию бизнес-процессов технической подготовки и оперативного управления позаказным производством наукоёмких изделий, а также программное взаимодействие с учетно-хозяйственной системой этого предприятия.

Литература

1. Модели и методы создания интегрированной информационной системы для автоматизации технической подготовки и управления авиационным и машиностроительным производством / К. С. Кульга, И. А. Кривошеев // М. : Машиностроение, 2011. – 377 с.

2. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ №2009615694. Интегрированная автоматизированная информационная система Stalker PLM / К. С. Кульга. М.: Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам, 2009.

3. Колчин, А. Ф., Овсянников, М. В., Стрекалов, А. Ф. Управление жизненным циклом продукции // М. : Изд. Анахарсис, 2002. – 304 с.

4. Судов, Е. В. Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. Принципы. Технологии. Методы. Модели / Е. В. Судов // М. :ООО Издательский дом «МВМ», 2003. – 264 с.

5. 1С [Электронный ресурс]: сайт компании. – Электрон. дан. – [Б.м.], 2014. – Режим доступа: http://www.1c.ru – Загл. с экрана.

В.В. Любимов, А.А. Осипов

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ОРИЕНТАЦИЕЙ МАЛЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ СПУТНИКОВ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНОВ

(Самарский государственныйаэрокосмический университет)

Введение

Набор целей и задач, которые должен решать спутник, определяет его конфигурацию, состав оборудования и выбор той или иной системы управления ориентацией. В настоящее время известно несколько типов таких систем: реактивные, гравитационные, магнитные, аэродинамические, и т.п. Каждый вид систем имеет свои особенности и свою область применения.

В то же время, чем более широкий круг решает спутник, тем более существенной становится его потеря из-за ошибок в проектировании. Поэтому столь востребовано имитационное моделирование, позволяющее определить влияние тех или иных внешних факторов и параметров конфигурации системы управления на ориентацию спутника на орбите.

В данной работе рассматривается моделирование вращательного движения малых спутников с магнитной и комбинированной системами ориентации в различных режимах управления ориентацией. Активная магнитная и комбинированная магнитно-маховичная системы управления пространственной ориентацией являются одними из наиболее часто применяемых систем управления ориентацией малых спутников [1]-[5].

Возмущающие силы и моменты, для спутника в форме параллелепипеда, в зависимости от их физической природы можно разделить следующим образом:

- гравитационные (неоднородность поля тяготения, собственная гравитация элементов конструкции);
- негравитационные возмущения, обусловленные космической средой (аэродинамическое сопротивление, световое давление, магнитное и электромагнитное взаимодействие с конструкцией спутника и др.);
- возмущения, связанные с функционированием систем спутника.

Из всех перечисленных возмущающих моментов при моделировании движения на средних и высоких орбитах будем учитывать гравитационный возмущающий момент, имеющий наибольшее влияние на динамику полета КА.

Моменты от действия исполнительных органов управления (магнитных катушек или двигателей-маховиков) являются основными силовыми факторами, определяющими ориентацию спутника.

Описание результатов имитационного моделирования

Общий алгоритм работы системы управления ориентацией (СУО) на орбите при имитационном моделировании можно представить в виде следующей последовательности действий:

1. СУО получает от магнитометров данные о величине вектора магнитной индукции геомагнитного поля.

2. В соответствии с установленным законом управления СУО определяет необходимые значения создаваемого (маховиками или магнитными катушками) момента и передает их исполнительным органам.

3. Исполнительные органы создают управляющий механический момент, который производит процесс управления ориентаций.

4. СУО отслеживает ошибки ориентации параметров управления и способствует их устранению, подавая соответствующие сигналы на исполнительные органы.

5. При наличии в СУО двигателей-маховиков после завершения процесса ориентации КА обеспечивается торможение данных исполнительных органов.

Функционирование системы управления при моделировании процессов уменьшения угловой скорости и обеспечения заданной ориентации спутника, использующего магнитные исполнительные органы (МИО) и построитель местной вертикали (ПМВ) можно представить в виде следующей последовательности действий, представленных в виде функциональной схемы на рисунке. 1.

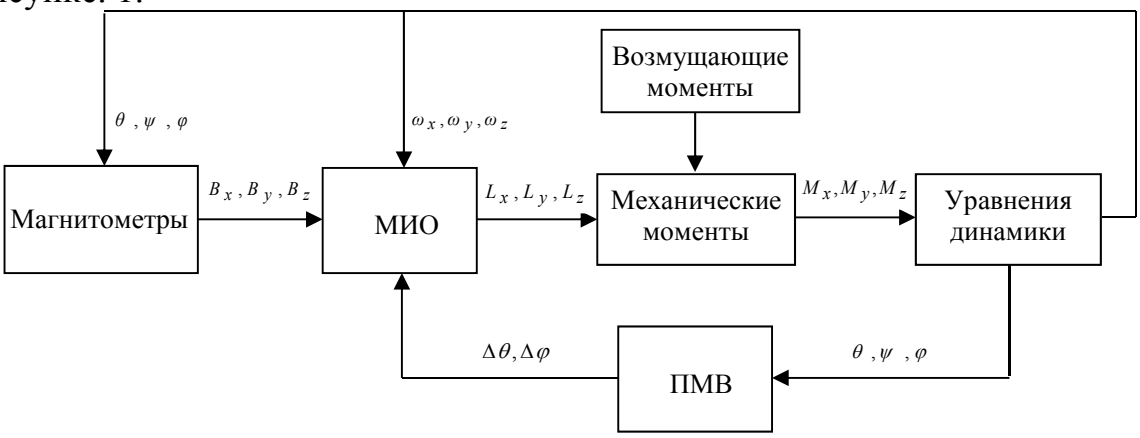


Рис. 1. Схема функционирования магнитной системы управления

На рис.2 представлены результаты управляемого уменьшения угловой скорости спутника при работе магнитных катушек.

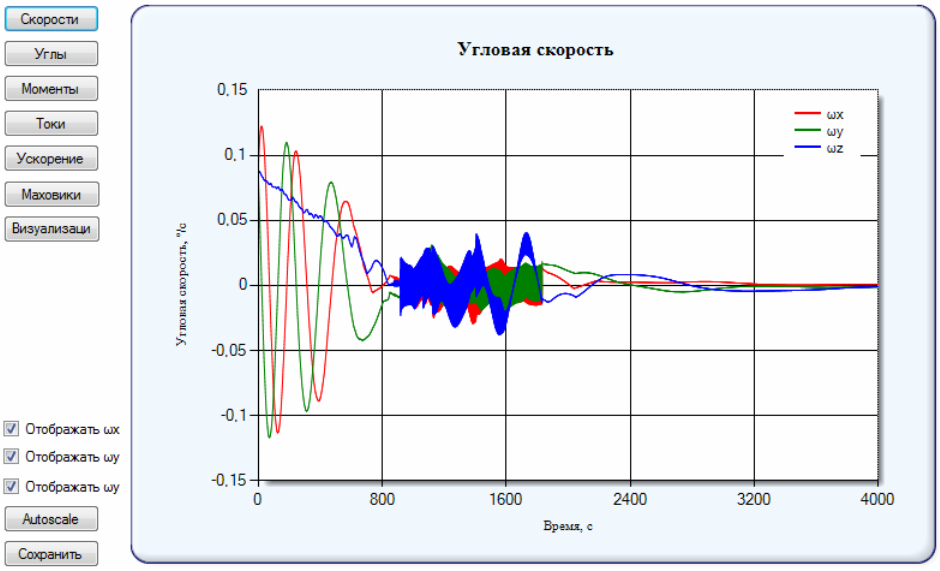


Рис. 2. Экранная форма результатов расчета угловой скорости при управлении ориентацией посредством магнитных катушек

Выводы

Результаты моделирование пространственной ориентации малых спутников в разработанной компьютерной среде позволяют сделать ряд выводов:

1. Магнитная система управления может использоваться не только для разгрузки кинетического момента маховиков, но и для решения задачи ориентации спутника на орбите. Что позволяет в случае использования комбинированной системы при выходе маховика из строя замена его магнитной СУО установленной для разгрузки кинетического момента маховиков.

2. В случае жестких ограничений на интервал времени управления и массе спутника более 150 килограмм применение исключительно магнитной СУО является не эффективной. Так как на ориентацию и переориентацию затрачивается значительное количество времени, что мешает спутник выполнять поставленные задачи.

3. Для малых спутников целесообразным является применение именно комбинированной системы управления, когда успокоение и ориентация спутника совершается с использованием двигателей-маховиков. Магнитные катушки используются для разгрузки их кинетического момента. Так как применение двигателей-маховиков в качестве исполнительных органов для ориентации спутника, позволяет значительно сократить время, затрачиваемое на ориентацию и переориентацию спутника. А с задачей регулярной разгрузки кинетического момента двигателей-маховиков успешно справляются электромагнитные катушки.

4. Разработанная компьютерная среда может успешно применяться для моделирования пространственного движения действующих и перспективных малых спутников, в том числе для моделирования процесса ориентации малых спутников.

Результаты моделирования пространственной ориентации малых спутников, полученные с помощью компьютерной среды, соответствуют результатам, содержимся в статье, опубликованной в журнале «Гироскопия и навигация» [1].

Литература

1 Lyubimov, V.V. Attitude Control of Small Spacecraft with Allowance Made for Failures in the System for Decreasing Angular Momentums of Flywheels / V.V. Lyubimov, V.I. Malyshev, and N.D. Semkin // Gyroscopy and Navigation, Pleiades Publishing. 2013.- Vol. 4, No. 4. - Pp. 216–222.

2 Любимов, В.В. Моделирование законов функционирования магнитных исполнительных органов при ориентации микроспутника по местной вертикали [Текст] /В.В.Любимов, Н.Д.Семкин, В.И.Малышев //Физика волновых процессов и радиотехнические системы. 2012. Том.15, № 1.- С.103- 108.

3 Белецкий, В.В. Вращательное движение намагниченного спутника [Текст] / В.В.Белецкий, А.А.Хентов. - М.: Наука, 1985. -288 с.

4 Коваленко, А.П. Магнитные системы управления космическими летательными аппаратами [Текст] / А.П. Коваленко. - М.: Машиностроение, 1975. - 248 с.

5 Овчинников, М.Ю. Исследование алгоритма трёхосной маховичной системы ориентации [Электронный ресурс] / М.Ю. Овчинников, С.С. Ткачев // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. - 2010. № 25. 32 с. URL: http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2010-25.

Н.В. Мясникова, М.П. Берестень, М.О. Печенов

МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НА ОСНОВЕ ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ

(Пензенский государственный университет)

Модальный анализ колебаний является эффективным экспериментальным методом определения динамических характеристик объектов на основе результатов измерений и анализа колебаний. Операционный модальный анализ позволяет провести анализ, используя только выходной отклик. Моды получают в результате расчета параметров:

$$y(t) = \sum_{i=1}^{p} U_i e^{\alpha_i |t|} \cdot e^{j(2\pi f_i t + \varphi_i)} \qquad (1)$$

Для определения параметров сигналасложной формы вида чаще всего применяется процедура Прони. 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, α_i, f_i, φ_i - параметры колебательного звена (соответственно - амплитуда собственных колебаний, коэффициент затухания, собственная частота и запаздывание). Очевидно, что модель является универсальной для измерительных процедур, так как могут быть описаны постоянная

составляющая, экспоненциальная составляющая, «чистый» тон и убывающие или нарастающие колебания и любая комбинация перечисленных компонент.

Сигнал является носителем информации об объекте, и по изменению параметров можно судить об изменении состояния объекта, возникновении и развитии неисправностей, отказах, сбоях.

Предложено определять параметры модели (1) по эмпирическим модам, т.е. эмпирические моды служат основой для вычисления собственных частот, декрементов затухания, что сводит сложную задачу высокого порядка к нескольким простым – определению параметров второго порядка.

Авторами используется предварительное разложение на моды (знакопеременные составляющие) с последующим определением параметров составляющих. В основе разложения лежит адаптивная полосовая фильтрация[1, 2]. По экстремальным значениям $x_{эi}$ в моменты $t_{эi}, i = 1..K$ производится сглаживание оператором вида

$$x_{ci} = 0{,}25x_{эi-1} + 0{,}5x_{эi} + 0{,}25x_{эi+1}, \tag{2}$$

что соответствует пропусканию через цифровой фильтр нижних частот с передаточной функцией

$$G(f) = 0{,}5(1 + \cos(2\pi f\Delta)),$$

где Δ – среднее расстояние между экстремумами.

Выделяется знакопеременная составляющая

$$x_{pi} = -0{,}25x_{эi-1} + 0{,}5x_{эi} - 0{,}25x_{эi+1}, \tag{3}$$

что соответствует пропусканию через цифровой фильтр верхних частот с передаточной функцией

$$G(f) = 0{,}5(1 - \cos(2\pi f\Delta)).$$

Действия (2), (3) повторяются над составляющей x_{ci}, пока она не станет знакопеременной или число экстремумов будет меньше 3-х.

По количеству экстремумов и значениям экстремумов вычисляются параметры составляющих:

$$f_i = \frac{K_i}{2T},\ \sigma_i = std(x_{эi}).$$

Так как расстояние Δ на каждом шаге увеличивается, то фильтры (3) – полосовые по отношению к диапазону, определяемому шагом дискретизации $F = \frac{1}{2\Delta t}$. Фильтр адаптивный, так как величина Δ зависит от расстояния между экстремумами на каждом шаге.

Параметры разложения (частоты и мощности) каждой составляющей сигнала характеризуют модель объекта в текущий момент времени:

$$S_i = \begin{bmatrix} \bar{f}_{i1}, \bar{f}_{i2}, ..., \bar{f}_{ip} \\ \sigma_{i1}^2, \sigma_{i2}^2, ..., \sigma_{ip}^2 \end{bmatrix} \tag{4}$$

где $\bar{f}_{ij}$ – значения центральной частоты *j*-й компоненты на *i*-м участке (при анализе в скользящем окне); σ_{ij}^2 – значения мощности *j*-й компоненты на *i*-м участке; *p* – количество компонент.

Зависимость $\sigma(f)$ характеризует спектр мощности в текущий момент времени, а $\sigma(f(t),t)$ - время частотное распределение.

Совершенствование алгоритма экстремальной фильтрации с дополнительным центрированием выделенных составляющих позволило по модам определять параметры модели (1).

В работе [3] для снижения трудоемкости пропорционально порядку было предложено применять процедуру Прони не к сигналу, а к его знакопеременным составляющим, выделенным экстремальным фильтром, что позволяет заменить одну процедуру порядка *p* простыми задачами оценивания параметров составляющих первого и второго порядков.

Если не требуется высокая точность и более важными являются временные ограничения, то параметры составляющих сигнала (амплитуды и затухания) могут быть определены в точках экстремумов $\ln(x_{сост_э}) = \ln(|U|) - \alpha t_э$, а частота, как уже отмечалось, определяется по числу экстремумов. Еще один параметр (фаза φ_i) определяется первым экстремумом $t_{э1}$каждой составляющей. Таким образом, определены все параметры модели (1), и появляется возможность уточнить модель (4):

$$S_i = \begin{bmatrix} \bar{f}_{i1}, \bar{f}_{i2}, ..., \bar{f}_{ip} \\ U_{i1}, U_{i2}, ..., U_{ip} \\ \alpha_{i1}, \alpha_{i2}, ..., \alpha_{ip} \\ \varphi_{i1}, \varphi_{i2}, ..., \varphi_{ip} \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Параметры узкополосных составляющих модели (5) характеризуют спектр в текущий момент времени и позволяют получить аппроксимацию сигнала и его спектр на любом участке. При этом спектр сигнала может быть вычислен по формуле

$$G(j\omega) = \sum_{m=1}^{p} A_m e^{j\varphi_i} \frac{\omega_m}{(\alpha_m + j\omega)^2 + \omega_m{}^2}. \quad (6)$$

На рисунке приведен пример применения экспресс-анализа в системах сейсмических наблюдений. Происходит изменение параметров всех составляющих при переходе от сейсмофона к сейсмовозмущению, проявляющееся в том, что в области обнаружения частоты составляющих падают, а амплитуды возрастают.

Фазы не являются информативными параметрами, они нужны, чтобы правильно сложить моды.

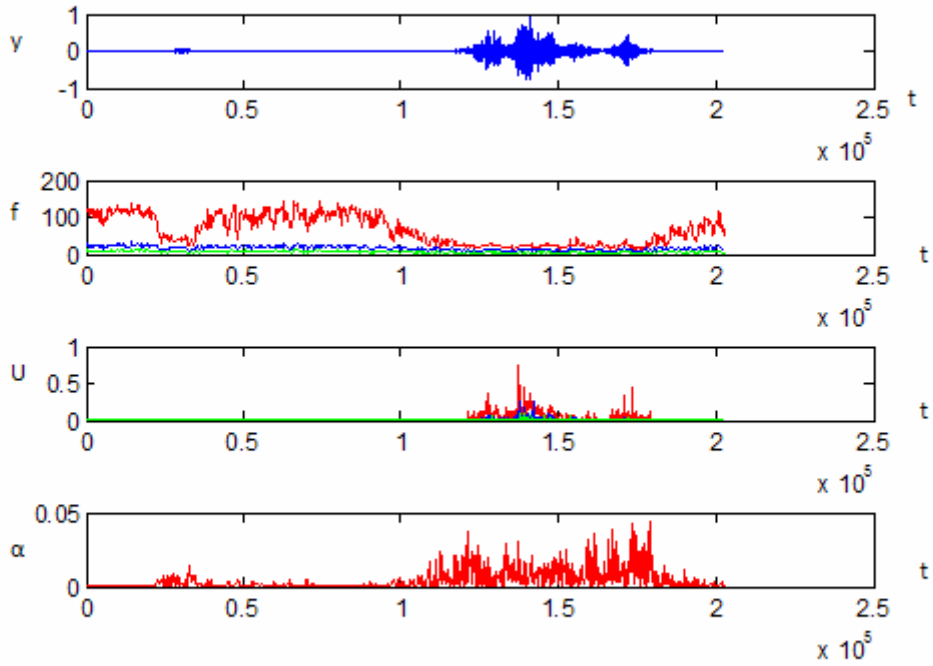


Рис. 1. Сейсмический сигнал и его диагностические признаки:
верхний график – сейсмосигнал y (в размерных единицах),
второй третий и четвертый – частоты f (Гц), амплитуды U (в размерных единицах) и модуль затухания (в относительных единицах).

На рисунке показаны дальний и ближний проезды автомобиля. Видно, что изменение частот всех составляющих четко указывает зону обнаружения, амплитудный признак не выделяет дальний автомобиль, а затухание высокочастотной составляющей существенно возрастает в зоне обнаружения.

Параметры модели могут быть использованы как диагностические признаки, при этом в качестве основного диагностического признака целесообразно использовать именно частоты составляющих, так как тенденция изменения частотного признака более выражена. Двукратное уменьшение частоты составляющей при сейсмовозмущение обнаруживается при отношении сигнал/шум, большем 3, а существенное увеличение амплитуды – при отношении сигнал/шум, большем 30. Применение модели (5) дает еще один диагностический признак – затухание, который четко указывает зону обнаружения.

Возникает вопрос, какой параметр целесообразнее использовать в системе обнаружения. Проведем эксперимент. Выберем участок, соответствующий шуму, двигаясь скользящим окном вдоль реализации, будем определять параметры составляющих на каждом участке и построим зависимость изменения каждого из информативных параметров от отношения

сигнал/шум – среднеквадратичного отклонения (СКО) на текущем участке к СКО шума. Результаты моделирования представлены на рисунках2–4.

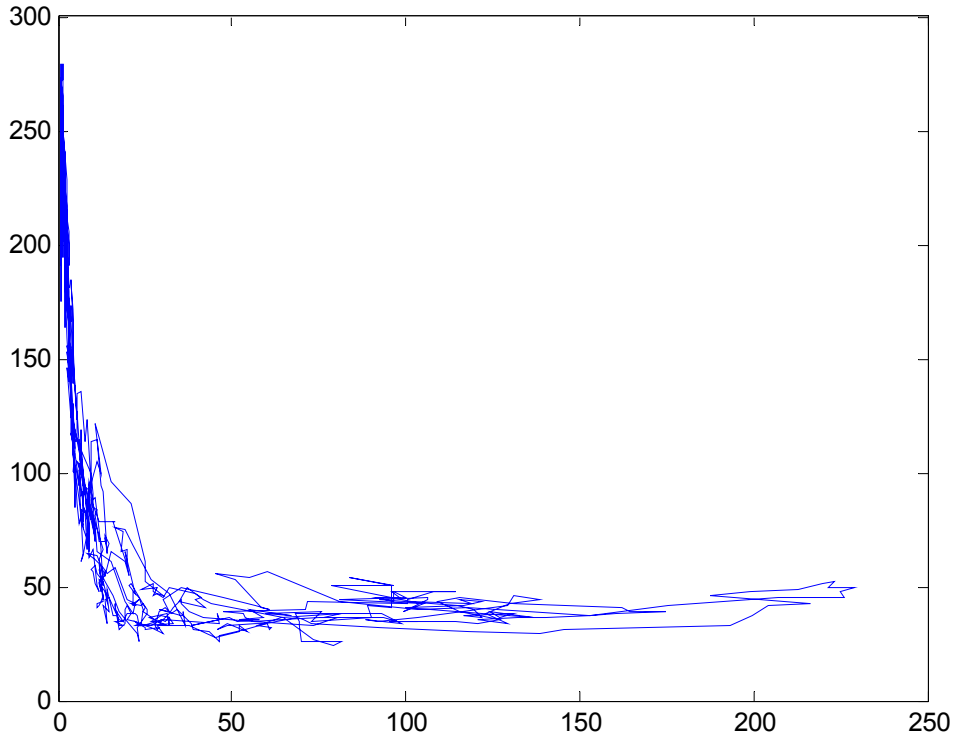


Рис. 2. Зависимость частоты высокочастотной составляющей от отношения сигнал/шум

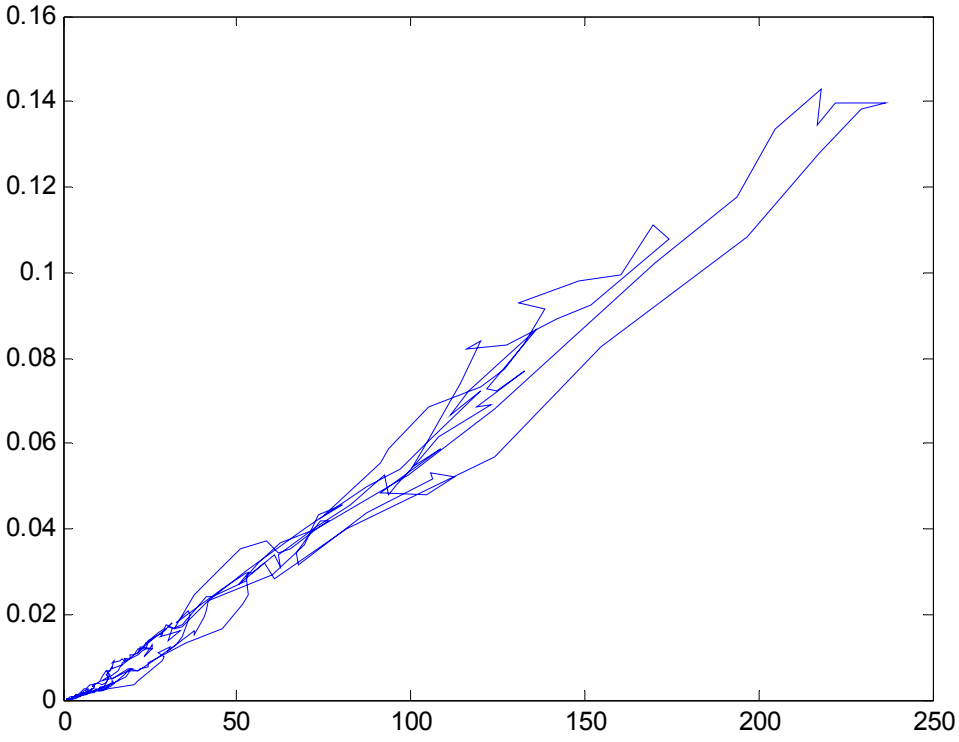


Рис. 3. Зависимость амплитуды высокочастотной составляющей от отношения сигнал/шум

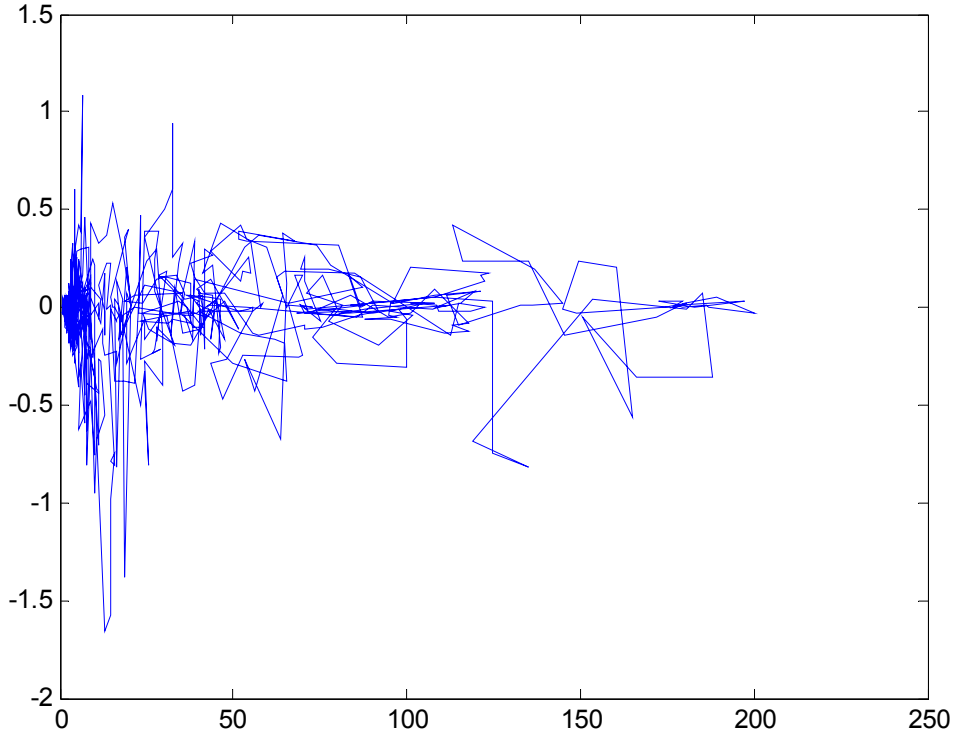


Рис. 4. Зависимость коэффициента затухания
высокочастотной составляющей от отношения сигнал/шум

Из рисунков видно, что частота на участке обнаружения практически не изменяется (рисунок 2), а амплитуда пропорциональна отношению сигнал/шум, т.е. зависит от расстояния (рисунок 3). Затухание высокочастотной составляющей незначительно при малом отношении сигнал/помеха, а при переходе к сейсмовозмущению существенно возрастает (рисунок 4).

Из рисунка 1 видно, что обнаружение раньше происходит по затуханию, его существенное увеличение сопровождает проезд автомобиля. Но затухание, в отличие от частот меняется от участка к участку и определяется с большей погрешностью. Очевидно, более информативна комбинация частоты и затухания моды. Причем достаточно использовать самую высокочастотную составляющую.

В [4] уже использовался нейросетевой обнаружитель на основе многослойных сетей, где в качестве входов использовались частоты составляющих и отношение амплитуды к частоте. Недостатком является зависимость значений амплитуды от расстояния до источника сейсмовозмущения. Предлагается использовать в качестве входов сети именно частоты и затухания.

За счет простоты алгоритма экстремальной фильтрации и малой вычислительной трудоемкости появляется возможность строить системы диагностики и распознавания реального времени.

Исследования проводятся при поддержке гранта РФФИ 14-08-01065.

Литература

1. Мясникова, Н. В. Экстремальная фильтрация и ее приложения / Н. В. Мясникова, М. П. Берестень // Датчики и системы. – 2004. – № 4. – С. 8–11.
2. Мясникова, Н.В. Методы разложения сигналов на основе экстремальной фильтрации / Н. В. Мясникова, М. П. Берестень, Л. А. Долгих // Датчики и системы. – 2011. – № 2. – С. 8–12.
3. 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.
4. Зенов, А. Ю. Применение нейросетевых алгоритмов в системах охраны периметра / А. Ю. Зенов, Н. В. Мясникова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. – 2012. – № 3. – С. 15–24.

А.Н. Полушин, А.О. Дмитриев, И.И. Ханнанов

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ФОРСУНОК С ВЫСОКОЙ СТЕПЕНЬЮ РАСКРЫТИЯ СОПЛА

(Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ)

Принцип работы центробежной форсунки состоит в том, что жидкость, получившая интенсивное вращение в камере закручивания, вытекает из сопла в виде тонкой пленки, образующей полый конус. Пленка под влиянием окружающей газовой среды и других возмущений распадается на капли. Центробежные форсунки используются в энергетике, при сжигании жидкого топлива в камерах сгорания ГТД, в пожаротушении и др.

Первая работоспособная форсунка для сжигания жидкого топлива была предложена А. И. Шпаковским в 1864 г. В дальнейшем большую роль сыграла форсунка, созданная в 1880 г. инж. В. Г. Шуховым. Также свой вклад в экспериментальное исследование ЦБФ сделал Ю.И. Хавкин.[1] Теория идеальной центробежной форсунки, базирующаяся на принципе максимального расхода, разработана Г. Н. Абрамовичем. Несколько позже к аналогичным результатам пришли Л. С. Клячко, Д. Тейлор и К. Баммерт.[1]

Характер воздействия различных факторов (скорость истечения жидкости, толщина пленки, плотность газовой среды, физические свойства жидкости) на мелкость распыла в центробежных форсунках отличается от характера воздействия этих же факторов на мелкость распыла в струйных форсунках.[1]

Это связано с тем, что толщина пленки, создаваемой центробежной форсункой, убывает по мере удаления от соплового отверстия (пленка представляет собой полый конус) и др. [1]

Влияние вязкости в случае центробежных форсунок несколько слабее, чем при распыливании струйной форсункой. [1]

В связи с различными данными о влиянии вязкости на мелкость распыла, возникла необходимость в исследовании форсунок с минимальным влиянием вязкости, к таким форсункам можно отнесли раскрытые центробежные форсунки.

Данная работа посвящена экспериментальному исследованию центробежных форсунок при изменении у них степени раскрытия сопла. Цель работы исследовать центробежную форсунку с относительно большими размерами каналов, выявить влияние степени раскрытия сопла центробежной форсунки на ее характеристики (коэффициент расхода, угол факела, ожидаемый диаметр капель).

Для эксперимента нами была разработана и сделана центробежная форсунка представленная на рис.1.

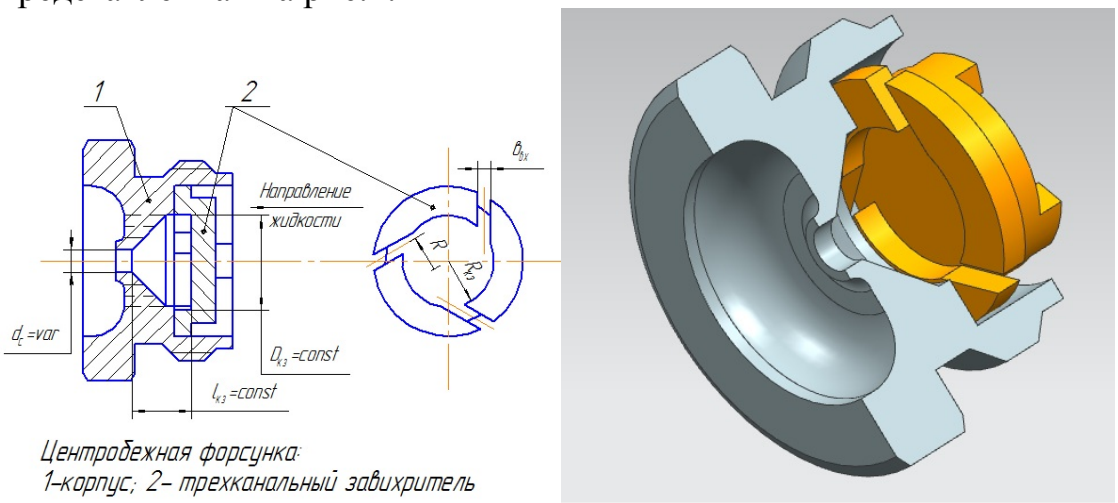


Рис.1. Центробежная форсунка с трехканальным завихрителем

Степень раскрытия сопла С=; $d_c = var$.

Исследования проводились на центробежных форсунках с различными диаметрами сопел и с различными степенями раскрытия сопел. Размер камеры закручивания не изменялся.

Исследованы: 1) влияние размера сопла в диапазоне d_c=0,4÷ 4,5 мм; 2) влияние степени раскрытия форсунки в диапазоне С=0,09÷ 1.

Имея геометрические параметры форсунки, угол факела и расход воды через форсунку и, используя формулы из теории центробежной форсунки получили, основные ее характеристики:

$$\varepsilon = \frac{d_c^2 - d_в^2}{d_c^2} = 1 - \left(\frac{d_в^2}{d_c^2}\right)^2$$ - коэффициент заполнения сопла;

С= $\frac{D_в}{d_c}$ – степень раскрытия сопла форсунки;

$\delta = r_c - r_в$ – толщина пленки воды на выходе из сопла, [1,3]

Были получены следующие результаты при $\Delta P = 500000$ Па :

d_c(мм)	G(г/с)	α °	α °$_{ид}$	А-геом. хар-ка	μ-коэф. рас-хода	μ-коэф. рас-хода (идеал)	C	$D_{к\ ср}$ (мкм)	δ, мм	δ/d_c
0,4	3,96	22	31	0,39	0,95	0,65	0,09	164,10	0,11	0,28
1,4	14,63	70	75	1,95	0,34	0,29	0,31	100,04	0,21	0,15
1,6	15,22	75	80	2,29	0,29	0,26	0,36	102,20	0,22	0,14
2	25,88	80	87	3,00	0,24	0,22	0,44	85,86	0,24	0,12
2,4	29,45	83	93	3,75	0,2	0,18	0,53	79,82	0,26	0,11
3,2	33,59	103	103	5,40	0,14	0,14	0,71	75,31	0,28	0,09
3,6	33,59	108	108	6,36	0,12	0,12	0,8	77,67	0,28	0,08
4,5	33,59	117	117	8,91	0,09	0,09	1	81,12	0,29	0,06

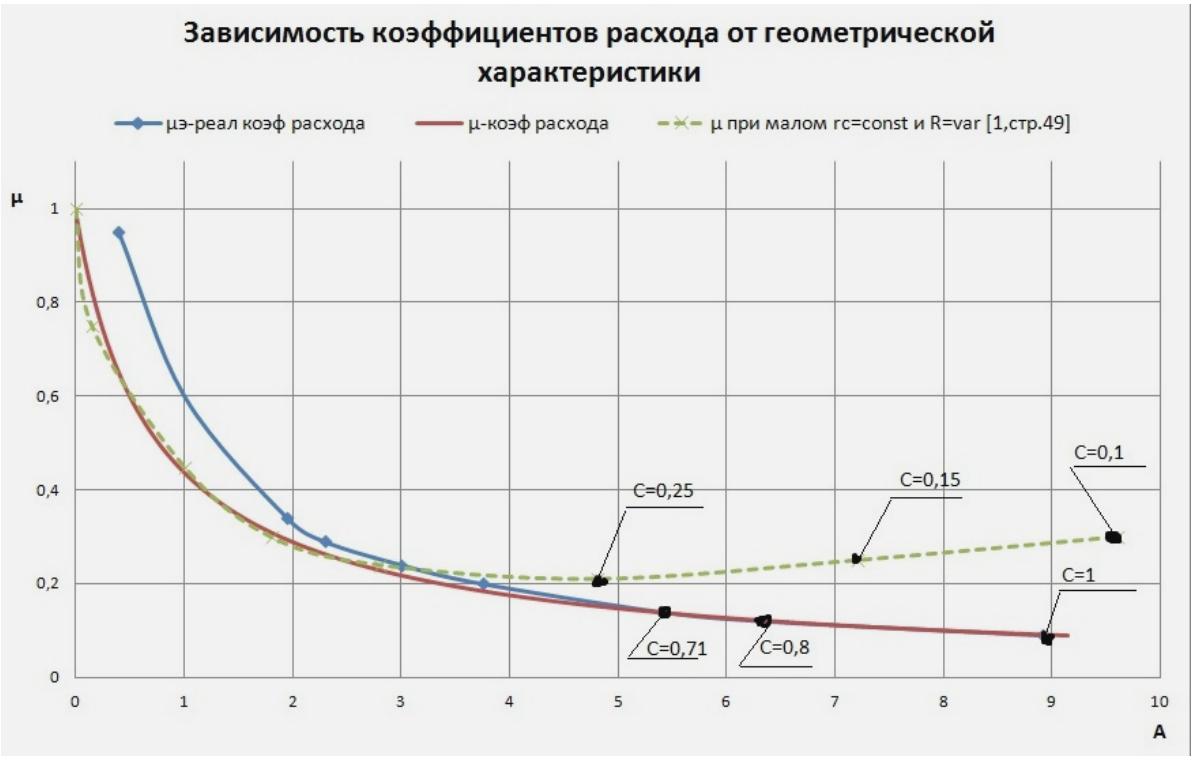


Рис. 2

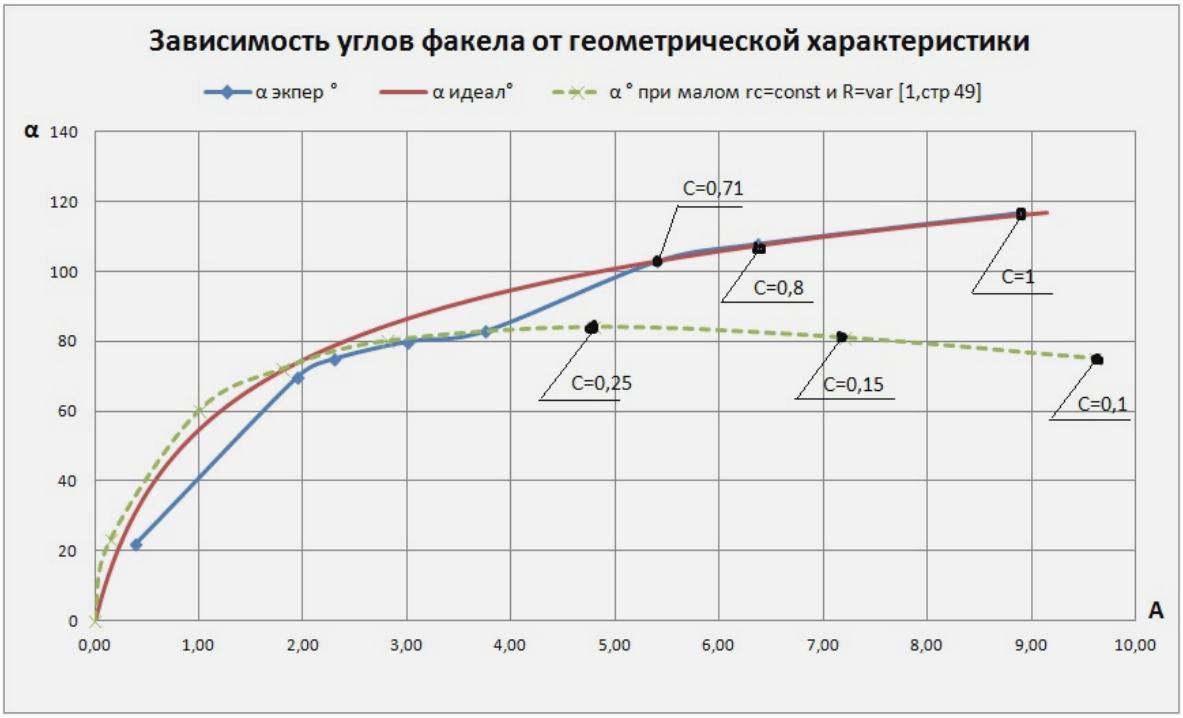


Рис. 3

Из сравнения полученных в данной работе результатов и графиков можно сделать следующие выводы:

1) В связи с исчезновением влияния вязкости на α и μ можно ожидать отсутствия влияния вязкости на диаметр капель (на распыл);

2) Открытые центробежные форсунки позволяют получить достаточную мелкость распыла(малый диаметр капель), при больших сечениях канала (dc≥1 мм), при этом уменьшается стоимость форсунки и повышается стабильность характеристик;

3) Из полученного значения толщины пленки жидкости можно сказать, что центробежная форсунка с диаметром сопла 4,5 мм эквивалентна струйной форсунке с диаметром 0,3 мм, отсюда вывод, что струйную форсунку с таким соплом изготовить сложнее и дороже, и в эксплуатации она будет менее надежная, чем центробежная.

Литература

1. Дитякин Ю.Ф., Клячко Л.А., Новиков Б.В., Ягодкин В.И. Распыливание жидкостей. М., «Машиностроение», 1977. 208 с.

2. Попов В.Г., Ярославцев Н.Л. Жидкостные ракетные двигатели. М.: Издательско-типографический центр- «МАТИ» – КТУ им. К.Э. Циолковского, 2001. 171 с.

3. Хавкин Ю.И. Центробежные форсунки. Л., «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1976. 168 с.

М.С. Ревунов, Д.С. Ревунов

КОМБИНИРОВАННАЯ СИСТЕМА ЭКСТРЕМАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПЛОТНОСТИ БУМАЖНОГО ПОЛОТНА

(Пензенский государственный университет)

Мировая целлюлозно-бумажная промышленность динамично развивается. Ежегодный прирост производства ожидается на уровне 2,5%, и к 2020 году общий объем выпуска бумаги и картона составит около 500 млн. тонн (рисунок 1).

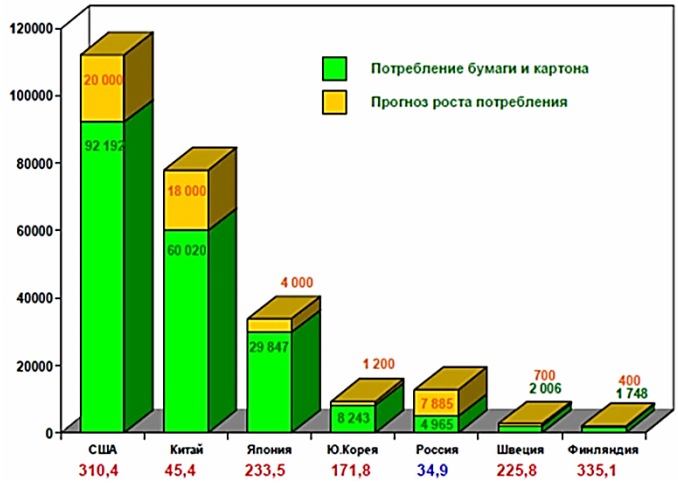


Рис. 1. Прогноз роста потребления бумаги и картона в мире

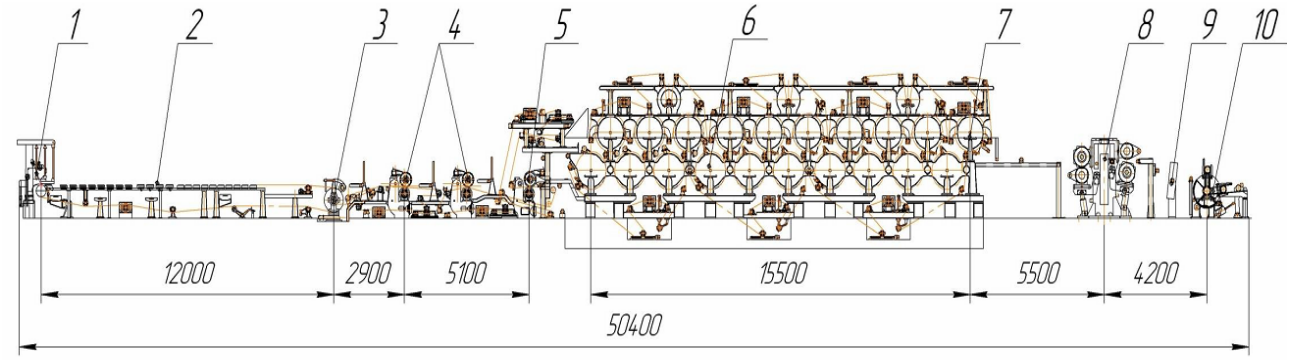
Современное состояние отечественной целлюлозно-бумажной промышленности характеризуется большим количеством предприятий небольшой мощности, оснащенных устаревшим оборудованием. На многих предприятиях используются энергоемкие и экологически устаревшие технологии с высоким потреблением сырья, энергоресурсов, химикатов и воды. В связи с ситуацией в отрасли важное значение для предприятий ЦБК имеет модернизация существующего оборудования и повышение качества продукции.

Бумагоделательная машина (БДМ) состоит из отдельных частей, каждая из которых является функциональной подсистемой, выполняющей определенные функции (рисунок 2).

Вес квадратного метра бумаги является самым значимым свойством, от которого зависит ее применение. Чем меньше изменение веса, тем лучше считается бумага, поэтому необходимо точно регулировать вес бумажного полотна на бумагоделательной машине. Для производства качественной бумаги необходимо обеспечить одинаковую линейную плотность бумажного полотна, как в продольном, так и в поперечном направлениях [1].

Стабилизация веса в поперечном направлении осуществляется с помощью изменения геометрии выпускной щели напорного ящика. Для этого к верхней планке щели из тонкой стали прикреплены штыри с червячными ре-

дукторами. Их количество определяет число зон регулирования веса бумажного полотна в поперечном направлении.



1 – Напорный ящик;
2 – Сеточный стол;
3 – Гауч-вал;
4 – Прямой пресс;
5 – Обратный пресс;
6 – Сушильная часть;
7 – Холодильный цилиндр;
8 – Машинный каландр;
9 – Сканер;
10 – Накат.

Рис. 2. Бумагоделательная машина

Равномерное распределение плотности бумажного полотна в продольном направлении зависит, главным образом, от однородности бумажной массы, поступающей в напорный ящик.

Помимо этого, равномерное распределение плотности бумажного полотна в продольном направлении зависит от объема бумажной массы, поступающей в напорный ящик. Характер зависимости определяется типом напорного ящика.

Для регулирования объема бумажной массы на соединительные трубы ставятся массные задвижки (граммовые вентили), управление которыми может осуществляться как вручную, так и с помощью специальных регуляторов.

Еще одним фактором, влияющим на плотность бумажного полотна в продольном направлении, является соотношение скоростей движения сеточного стола и напуска бумажной массы на сетку.

Соотношение между скоростью напуска бумажной массы и скоростью сеточного стола выражается формулой:

$$k_m = v_m / v_c ,$$

где v_m — скорость массы, поступающей на сетку, м/мин; v_c — скорость сетки, м/мин.

При заметном превышении скорости массы по отношению к скорости сетки могут образовываться наплывы массы на сетку, что приводит к ухудшению макроструктуры бумаги и снижению показателей прочности. При обратном соотношении увеличивается анизотропия бумажного листа. И в том и в

другом случае затрудняется регулирование массы 1 м^2 бумаги по длине полотна и возможность управления степенью ориентации волокон [1].

Практика показывает, что при выработке большинства видов бумаг v_m приблизительно равна или, что чаще, несколько меньше v_c.

Также установлено, что зависимость неравномерности просвета бумаги или дисперсии ее веса носит экстремальный характер от коэффициента k_m, достигая минимальных значений при $k_m = 1$.

Таким образом, для регулирования плотности бумажного полотна в продольном направлении предлагается (рисунок 3):

– измерять скорость напуска бумажной массы, идущей из напорного ящика, с помощью кросскорреляционного метода измерения скорости [2]. Целью измерения является поддержание необходимого соотношения скоростей движения бумажной массы из напорного ящика и сеточной части бумагоделательной машины, что обеспечит равномерный напуск на сетку.
– использовать каскадное соединение регуляторов с предиктором для управления массной задвижкой. Целью использования каскадного соединения регуляторов является борьба с огромным запаздыванием системы, которое возникает при управлении массной задвижкой.

Для регулирования плотности бумажного полотна в поперечном направлении предлагается:

– использовать промышленных роботов-манипуляторов для изменения геометрии выпускной щели напорного ящика. Использование робота-манипулятора вместо системы оснащения каждого из механизмов регулировки индивидуальным приводом позволяет решить задачи регулирования параметров бумажного полотна при меньших затратах и с большей надежностью.

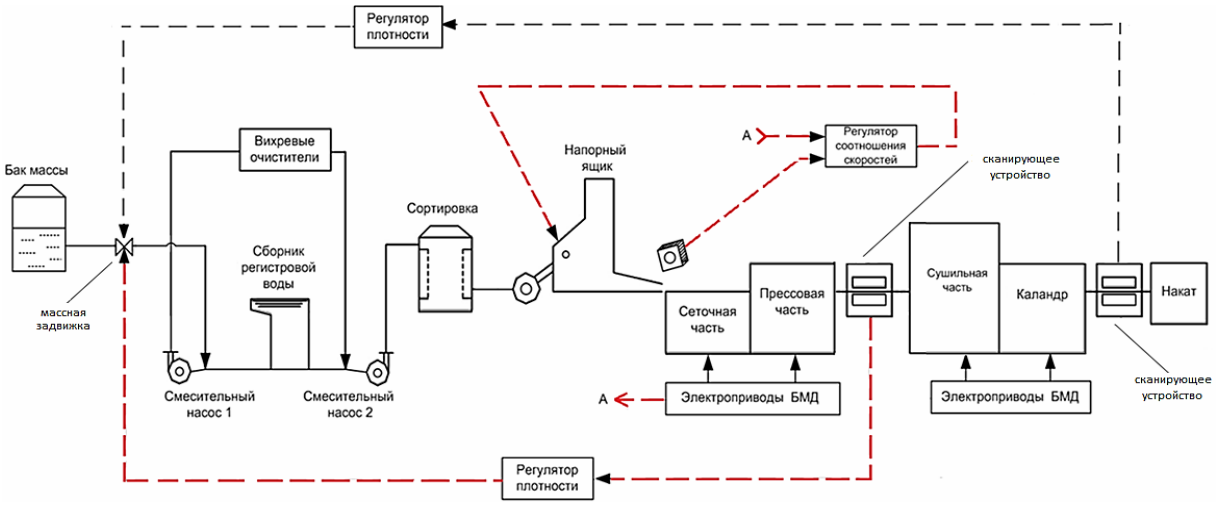


Рис. 3. Функциональная схема комбинированной системы экстремального регулирования плотности бумажного полотна в продольном направлении

Литература

1. Комаров В.И. Технология целлюлозно-бумажного производства [Текст] / В.И. Комаров. – СПб: ВНИИБ, 2005.
2. Токарев М.П. Адаптивные алгоритмы обработки изображений [Текст] / М.П. Токарев. – Новосибирск: ИТ СО РАН, 2007.

Д.Н. Франтасов

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПОГРЕШНОСТИ ДАТЧИКА ТОКА С КОРРЕКЦИЕЙ

(Самарский государственный университет путей сообщения)

Взаимоотношения между продавцом и покупателем строятся в первую очередь на количественной, качественной и стоимостной оценке товара. Электрическая энергия, поставляемая энергоснабжающими организациями, выступает в качестве товара, характеризующегося совпадением во времени процессов производства, транспортирования и потребления. Вместе с тем к электроэнергии, как к товару любого вида, применимы понятия "количество" и "качество". И возрастающие требования к точности учёта количества электрической энергии при требуемом качестве базируются на экономической основе.

Одним из направлений решения данной задачи является точный контроль и учет электроэнергии. В настоящее время при измерениях электроэнергии на большинстве энергообъектов не учитывают реальные погрешности компонентов системы.

Универсальный структурный метод коррекции погрешности, позволяющий в значительной степени уменьшить токовую, угловую и другие составляющие погрешности исследован в опубликованных ранее материалах [1]. Выводы по результатам исследований свидетельствуют, что уменьшение погрешности типового датчика тока на основе измерительных трансформаторов в несколько раз может быть обеспечено введением дополнительного корректирующего канала. Также модернизация существенно расширит диапазон рабочих токов и позволит снизить влияние внешних факторов на точность измерений. Однако исследования проводились для синусоидального сигнала.

В системах электроснабжения с мощными нелинейными нагрузками возникают режимы, отрицательно влияющие на работу средств учёта электрической энергии: занижение уровня, колебания и не симметрия питающего напряжения, искажения синусоидальности кривых напряжения и потребляемого тока. Это поднимает проблему электромагнитной совместимости средств учёта с влияющими факторами на точность учёта.

Если бы все электроприёмники обладали линейной вольтамперной характеристикой, то условия работы измерительных преобразователей соответствовали конструкции и требованиям нормативных документов. Однако большинство потребителей являются нелинейными, и при включении такого электро-

приёмника в сеть в потребляемом токе и функции питающего напряжения появляются значительное содержание высших гармоник. И очевидно, что этот факт будет оказывать влияние на погрешность прибора, предназначенного для работы в цепях с практически синусоидальными сигналами.

Гармоники вызывают в датчиках тока, имеющих в своей основе измерительные трансформаторы, тока увеличение потерь на гистерезис и потерь, связанных с вихревыми токами в стали, а также потерь в обмотках. Увеличение потерь в обмотках наиболее важно в преобразовательном трансформаторе, так как наличие фильтра, присоединяемого обычно к стороне переменного тока, не снижает гармоники тока в трансформаторе.

Измерительные устройства обычно калибруются при чисто синусоидальном напряжении и увеличивают погрешность при наличии высших гармоник. Величина и направление гармоник являются важными факторами, так как знак погрешности определяется направлением гармоник.

Гармоники могут нарушать работу устройств защиты, подключенных к датчикам тока, или ухудшать их характеристики. Характер нарушения зависит от принципа работы устройства. Цифровые реле и алгоритмы, основанные на анализе выборки данных или точки пересечения нуля, особенно чувствительны к гармоникам.

Гармоники оказывают воздействие и на точность измерения реактивной мощности, которая четко определена лишь для случая синусоидальных токов и напряжения, и на точность измерения коэффициента мощности.

Для оценки влияния гармоник различного порядка на точность преобразования разработана модель датчика тока с цифровым блоком коррекции погрешности [2]. На основе разработанной модели рассмотрена зависимость погрешности преобразования fi при наличии гармоник суммарной величиной 20% и наличием помех, не превышающих 5% от первой гармоники. Значения первичного тока I_1 в диапазоне от 0 до 500А, при $R_н$=0.2 Ом, f =50 Гц (рисунок 1). Во всём диапазоне, погрешность преобразования датчика тока определялась по величине первой гармоники.

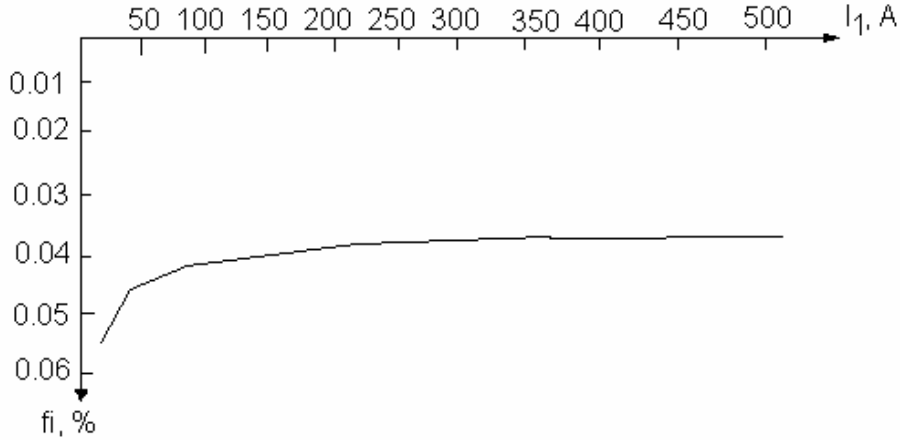


Рис. 1. Зависимость номинальной токовой погрешности
от величины входного тока при влиянии искажающих факторов

Из графика видно, что погрешность преобразования модели датчика тока не превышает 0.05% в большом диапазоне первичных токов. Этот показатель на порядок лучше, чем у датчиков тока, не имеющих устройство коррекции.

Литература

1. Франтасов Д.Н. Исследование трансформатора тока с коррекцией погрешности / А. М. Косолапов, Д. Н. Франтасов // Датчики и системы. – 2010 - №6. с. 55 – 58.

2. 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). с. 90-93.

С.В. Цаплин, С.А. Болычев

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ОЭТК С СЕГМЕНТИРОВАННЫМ ЗЕРКАЛОМ

(Самарский государственный университет)

Одной из основных задач, стоящих перед отечественной космической промышленностью, является разработка космических средств дистанционного зондирования Земли нового поколения. В настоящее время для успешной конкуренции со странами-лидерами в области ДЗЗ необходимо создание оптико-электронной телескопической системы высокодетального наблюдения для получения панхроматических снимков с разрешением 0.5 м и многоспектральных снимков с разрешением 2 м. Текущее поколение российских ОЭТК было разработано более 15 лет назад и к настоящему времени технически устарело. Сегодня ведущие мировые системы оптико-электронной съемки Земли имеют лучшие характеристики, меньшую массу и энергопотребление.

Эксплуатируемые в настоящее время отечественные ОЭТК имеют оптическую систему со сплошным главным зеркалом диаметром до 1.5 м и систему обеспечения теплового режима с жидкостным теплоносителем. Проблема массы главного зеркала решается применением специальных материалов, например, ситалла, и облегчением зеркала путем фрезеровки отверстий в его задней части.

Для достижения пространственного разрешения 0.5 м необходимо увеличение диаметра главного зеркала ОЭТК до 3 м и более, однако это потребует применения новых подходов к решению проблем массы главного зеркала ОЭТК и обеспечения теплового режима ОЭТК. При таком значительном увеличении габаритов ОЭТК вышеупомянутое облегчение зеркала уже не решает проблему массы главного зеркала, а массогабаритные характеристики и энергопотребление жидкостной СОТР возрастают до неприемлемых значений.

Для решения проблемы обеспечения теплового режима крупногабаритного ОЭТК в [1, 2] предложена прецизионная система обеспечения теплового ре-

жима ОЭТК на основе электронагревателей и тепловых экранов, которая может быть использована как на крупногабаритных КА, так и на малых аппаратах. Отличительными особенностями такой системы является высокая точность поддержания температур оптических элементов, небольшие массогабаритные характеристики и низкое энергопотребление по сравнению с традиционными жидкостными системами. Проблема массы главного зеркала уже решена при создании крупногабаритных наземных телескопов для наблюдения за космосом, в которых используются сегментированные зеркала [3], этот же подход можно применить и к созданию крупногабаритных ОЭТК ДЗЗ.

Разработке и созданию крупногабаритных оптических систем с сегментированными зеркалами посвящено большое количество работ, однако в них преимущественно рассматриваются вопросы оптики, юстировки или прочности, и не уделяется достаточное внимание вопросам теплового режима таких зеркал. А ведь применение сегментированных зеркал позволит еще более повысить эффективность прецизионной СОТР — возможность управлять температурой каждого сегмента независимо от других влечет за собой отказ от тепловых экранов, а значит снижение массогабаритных характеристик и энергопотребления СОТР.

Рассмотрим упрощенную модель ОЭТК с одним оптическим элементом — сегментированным главным зеркалом (рис. 1) (для простоты также опустим поддерживающую конструкцию зеркала, которая в теплообмене оптической поверхности зеркала с окружающей средой играет второстепенную роль). Габаритные характеристики ОЭТК: диаметр входного зрачка 1300 мм, длина 2200 мм, радиус кривизны главного зеркала 2000 мм, размер грани одного сегмента 200 мм, толщина сегмента 2 мм, количество сегментов 36.

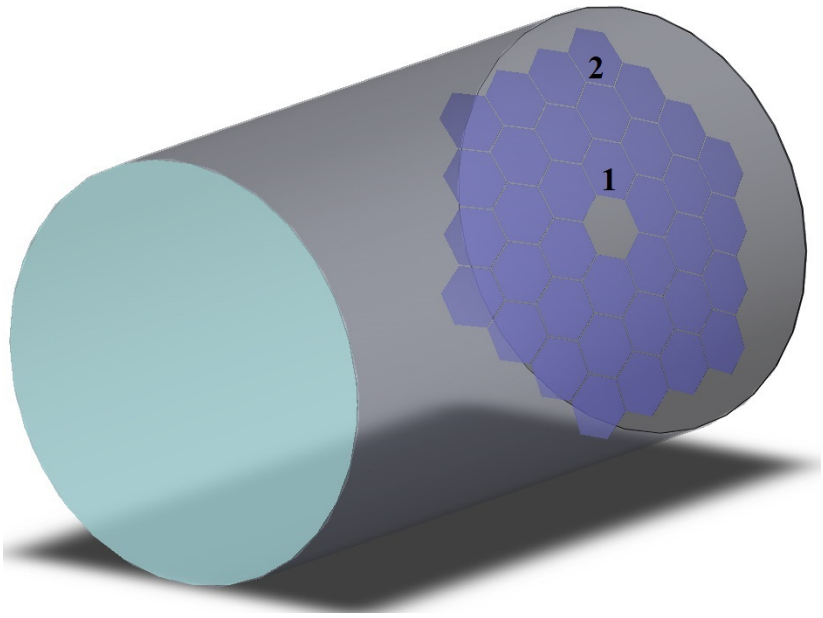


Рис. 1. Модель ОЭТК с сегментированным главным зеркалом
(1, 2 – сегменты с нагревателями)

В качестве материала зеркала выберем бериллий, который на 45 процентов легче, в 5 раз жестче алюминия и не уступает ему по теплопроводности, для материала корпуса выберем углепластик.

Прецизионная система обеспечения теплового режима представлена датчиками температуры на оптической поверхности каждого сегмента и пленочными электронагревателем на тыльной поверхности. Для демонстрации возможностей СОТР по независимому управлению температурными полями сегментов главного зеркала предположим, что к СОТР подключены только сегменты 1 и 2 (рис. 1). Расчет температурных полей модели проведем при следующих условиях:

1. температура корпуса ОЭТК постоянна и равна номинальной температуре систем – 293 К;
2. ОЭТК нацелен на открытый космос, время открытия крышки составляет 1 час;
3. при снижении температуры оптической поверхности сегмента главного зеркала более чем на 0.2 К от номинальной, на его тыльной поверхности включается электронагреватель мощностью 0.5 Вт.
4. нагреватель отключается при повышении температуры оптической поверхности сегмента.

Результаты расчета показаны на рис. 2.

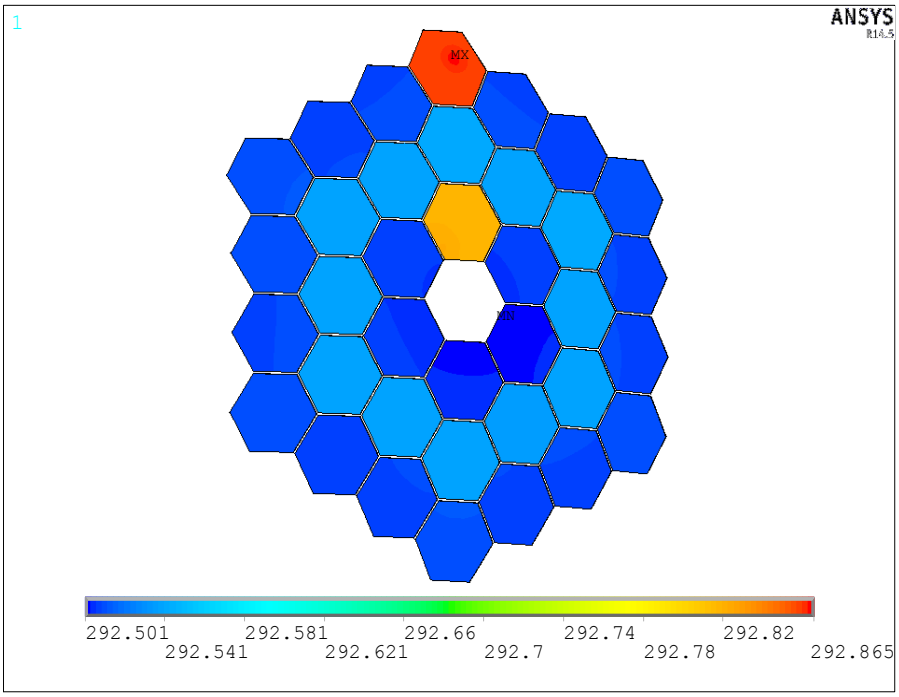


Рис. 2. Температурное поле сегментированного главного зеркала

Из приведенных результатов видно, что на сегментах 1 и 2 поддерживается номинальная температура с точностью 0.2 К, а на остальных сегментах происходит снижение температуры. За расчетное время 1 час оба нагревателя

включались на 5 минут, а значит, средняя мощность СОТР для двух сегментов составила менее 0.1 Вт.

В данной работе на тестовом расчете показаны возможности прецизионной системы обеспечения теплового режима по независимому управлению температурными полями сегментов главного зеркала ОЭТК. В дальнейших работах модель ОЭТК будет дополнена поддерживающей конструкций сегментированного главного зеркала и будут учтены реальные тепловые факторы воздействия космического пространства на ОЭТК при орбитальном движении космического аппарата.

Литература

1. Цаплин С.В. Прецизионная система обеспечения теплового режима для перспективных оптико-электронных телескопических комплексов дистанционного зондирования Земли. Отчет о НИР / С.В. Цаплин и др. // Федеральная целевая программа «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг. – 2013. № госрегистрации 022-014-533-01, Самара.

2. Цаплин С.В., Система обеспечения теплового режима экспериментальной модели оптико-телескопического комплекса космического аппарата / С.В. Цаплин, С.А Болычев // Вестник Самарского государственного университета. – 2013. №9.2 (110). С.236-243.

3. Теребиж В.Ю. Современные оптические телескопы. М.: Физматлит, 2005.

ФИЛОСОФИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ТРАНСГУМАНИЗМ

Е.Д. Богатырева

ПОНЯТИЕ И ЭСТЕТИКА ОБРАЗА

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

К понятию образа

Понятие образа – одно из самых неуловимых, ускользающих от своей окончательной дефиниции. Складывается ощущение, что в этом ускользании выявляется не только недостача теоретических средств, но и сопротивление образа своей окончательной формализации, позволяющей удерживать его содержание и осуществлять его использование в качестве общезначимого. Значит ли это, что содержание образа от таковой формализации не зависит?

Образ как таковой не может перестать отсылать к чему-то, что находит через него своё определение, однако это что-то определяется в образе и через образ как то, что не только не может с ним совпасть, но и что нуждается в образе как месте своего уловления и, возможно, передачи. В этом плане образ всегда что-то собой манифестирует, изображает. Но при этом он оказывается между тем, что его произвело, что он есть в качестве изображения и тем, что он готов собой произвести. Образ присваивается (изображаемым предметом и замещающим этот предмет знаком), но и присваивает (их себе как) нечто, что образом не является, но становится, не имея надежды с ним полностью совпасть. В самом своём становлении образом нечто, от образа отличное, тем не менее, обретается в своей нужде «стать образом» и обнаруживает черты субъекта. Образ становится олицетворением этой нужды, требуя в своём мышлении обращения лица, опрашивания, диалога.

Что здесь теория образа? Познание предполагает, что образ как-то ещё и различается в качестве его предмета. Совмещение позиций познания и обращения диалога предъявляет образ в качестве особой символической «вещи», через которую совершается сообщение смысла, так что понятие образа выступает для теоретика формой созерцания и началом определения действия. Обращение логики в риторику описания предъявляет образ не только через подобие вещи и миру в целом, но и через откровение их субъектного смысла, который способен различаться не только как творческий в своём начинании замысел и преобразующее мир свершение, но и как потенциал невозможного (алогичного, нелицеприятного) образования и сообразования вещей.

Возможности новых медиа, берущих на себя распознавание, изготовление и распространение технической личины образа, заставляет увидеть в проблеме

теории образа присутствие неких безличных сил, которое можно отчасти уподобить действию невидимого культурного механизма, инкорпорированного в теоретическое сознание, аналитика которого имеет значение для создания современных информационных систем. Значит ли это уподобление, что характеристика нового медиа полностью определяет содержание образа? Поиск ответа заставит нас отказаться от наивного уподобления изображения образу, а также потребует более тщательного продумывания образа в качестве знака.

Эстетика образа

Образ выступает в качестве места спора между неопределённостью возможностей жизни и их исчезновением. Продумывание такового спора позволяет задать проблему определения статуса творчества и продуктивных для него границ воображения. О воображении всерьёз впервые заговорила эстетика, которая в самом начале своего возникновения в качестве философской науки уже у Баумгартена претендовала на то, чтобы выступать необходимым основанием метафизических построений наряду с логикой, образуя своеобразный эстетический гносис, настроенный как раз на творческий поиск и открытие «ещё не бывшего». Развитие эстетических теорий выступало как ответ на запрос, который сформулировала для себя новоевропейская философия, включая чувственный опыт в структуру познания наряду с «логическим» (интеллектуальным) и определяя опыт в качестве достаточного основания знания. Здесь мы встречаемся со следующими актуализациями эстетического опыта:

Эстетическое (оно же чувственное) переживание, во-первых, утверждается на правах собственно духовного опыта. Категории «прекрасное» и «возвышенное» определяют эстетическое переживание в разряд высших форм чувствования мира и предъявляют в качестве особого способа познания, у Баумгартена противоположного (и потому в потенциале дополнительного) по отношению к рациональному, открывающего тем самым скрытую сторону вещей. Во-вторых, эстетическое опознаётся как особого рода отношение к миру, отличное уже у Канта от познавательного и утилитарного, благодаря чему мир открывается человеку своими выразительными качествами как ценный и как источник рефлексирующей способности субъекта. (Открытие здесь следует мыслить как созидание человекоразмерного мира, креативный процесс, изобретение нового, которое обнаруживает свои новые антропологические (в основании - культурные и технологические) характеристики). В-третьих, эстетическое отношение опробуется на то, чтобы олицетворять свободу субъекта, не достижимую в области природы и морали. В-четвёртых, эстетическая свобода образует новое качество вещей и мира в целом, которое выводит их из-под юрисдикции истины и веры и включает в перспективу чистого нормативного творчества и самоценного поступка. При этом, следует заметить, эстетическое оказывается некой предварительной ступенью для осуществления самого предмета истины и веры. Гегель, включая искусство в разряд способов познания «глубочайших человеческих интересов, всеобъемлющих истин духа», будет подразумевать некий вневременной абсолют нормы, который находит в произведениях искусства свое конкретное воплощение и потребует не только теоретизирования, но и оценки.

(По Гегелю, дух, созерцающий себя в полной свободе, есть искусство; дух, благоговейно представляющий себя, есть религия; дух, мыслящий свою сущность в понятиях и познающий ее, есть философия. У искусства, религии и философии, согласно Гегелю, одно и то же содержание; разница состоит лишь в форме раскрытия и осознания этого содержания. Первой и самой несовершенной формой самораскрытия идеи является форма эстетического познания, или искусство). Наконец, эстетическое качество мира не может не обрести в эстетике как теоретической и практической науке свой язык, способный вводить в этот уникальный опыт миропонимания и миротворчества, обретать мир в его новом – эстетическом – качестве.

Таким образом, мы видим, что эстетика образует теорию и практику не только искусства, но и развиваемого в новоевропейской культуре общего мироотношения, также как познание выходит из-под юрисдикции чистой науки, но и включает в себя эстетическую деятельность субъекта как связующее звено с областью социальной практики и морального выбора.

Эстетическая революция сопровождала не только гносеологический поворот в философии, но и проецировалась на область социальной и культурной практики, включая художественную. А таковая всё более начинала зависеть от развития научно-технического производства, которое не просто населило мир новыми вещами, но и задало новые отношения, переопределило правила взаимодействия между людьми, повлияло на понимание труда, жизни, задало новые ценностные ориентиры и сформировало электронное пространство памяти, в которое оказались способны попасть самые разные события. Век электронных медиа, в который мы живём, востребует критического осмысления научно-технического прогресса, поскольку именно новые технические возможности как раз и лишают человека способности - при всём увеличении доступа к информации - заниматься каким-либо другим, независимым от электронных носителей, её производством.

Разумеется, развитие технических возможностей сегодня превышает их использование и присвоение, современное искусство там, где оно обращается к новым технологиям, преодолевает этот разрыв. Сегодня оно смело заходит на территорию биотехнического производства жизни. Что оно там делает? Осваивает новые технологии, конструирует новую реальность, ищет варианты адаптации и выживания человека в мире, где техника вытесняет его из производства его оснований и образа, или спорит с научно-техническим прогрессом? По-видимому, всем этим в совокупности и по отдельности. Человек оказывается перед экраном технической в своей медиа-основе свободы, бесконечной в комбинировании собственных образов. Понятно, что эстетика образа не сводится к технической визуализации изображения, которая опосредована цифровым кодом, «творчество» которого ещё не содержит смысла. В заключении хочется отметить, что эстетическая свобода современного искусства состоит в том, что оно указывает вполне художественными средствами на неоднозначность образа, вполне способного ускользать как от репрезентации реальности, так и от своего технического задания, разоблачая само техническую претензию высту-

пать в качестве его внутреннего первоистока. Требование «быть современным» нужно прочитывать не только как призыв работать с новыми технологиями, но и как вариант иконоборчества с техническими поделками как приготовленными для массового потребления вещами, которые разоблачаются сегодня в своей идеологической претензии выступать в качестве самодостаточной ценности.

Ю.В. Гатен

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБУЧЕНИИ

(Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П. Королева (национальный исследовательский университет))

В сложившейся современной ситуации для различных областей человеческой деятельности характерной является проблема качества подготовки специалистов. В этой связи для вуза одной из важнейших становится задача не только максимального усвоения студентами научной информации, но и формирования у них на должном уровне профессиональных умений, развития стремления и способности самостоятельно организовывать свою деятельность, продуктивно мыслить и обновлять знания.

До сих пор остается актуальным противоречие, отмеченное еще П.Я. Гальпериным в 1965 году, между необходимостью увеличения в установленные сроки обучения совокупности знаний, навыков и умений и реальными возможностями существующих методов обучения [1]. Оно побуждает вузы России вести активный поиск наиболее эффективных способов обучения, применение которых в учебном процессе будет способствовать наиболее качественной подготовке профессионалов.

В настоящее время в теории искусственного интеллекта интенсивно развивается направление, получившее название искусственный интеллект в обучении. Искусственный интеллект в обучении рассматривается как новая методология психологических, дидактических и педагогических исследований, ориентированная на моделирование поведения человека в процессе обучения и опирающаяся на методы инженерии знаний. Другими словами, это синтез психологии, дидактики и инженерии знаний [2].

Проблеме применения искусственного интеллекта посвящены многие современные педагогические исследования, касающиеся обучения как без использования компьютера (например, представление и использование предметных знаний; моделирование обучаемого; моделирование дидактических взаимодействий; различные подходы к диагностике), так и с помощью компьютера (например, системы, основанные на знаниях; экспертные системы; интеллектуальные обучающие системы; обучающие среды и т.п.). Однако при этом большинство исследований имеют теоретический характер или ориентированы на компьютерные науки. Это объясняется тем, что специалисты по искусственно-

му интеллекту, как правило, не являются компетентными в вопросах дидактики, а преподаватели-предметники не владеют методами искусственного интеллекта. Поэтому искусственному интеллекту в обучении свойственен резкий крен в сторону инженерии знаний и специфических психологических исследований в ущерб дидактике, т.е. обучению.

А.В. Левшов, С.Г. Джура, В.И. Чурсинов [3] полагают, что элементы искусственного интеллекта могут быть использованы при моделировании:

- разных типов и стилей обучения;
- различных функций преподавателя (гностической, конструктивной, организаторской, коммуникативной, диагностической, корректирующей и контрольно-оценочной);
- разных дидактических систем (развивающей, проблемной, модульной, программированной);
- образовательных технологий и педагогической квалиметрии;
- различных концепций обучения (парадигмальной, кибернетической);
- проверки знаний (тестирование);
- типов организации социальных отношений в процессе обучения (в системе «преподаватель — средства обучения — обучающийся»);
- поведенческой функции обучающегося;
- викарного научения, поликультурного воспитания и самовоспитания;
- экспертной и интеллектуальной обучающей системах [4].

Далеко не все из вышеперечисленного может на сегодня быть автоматизировано, однако это охватывает большую область теоретических и практических исследований по внедрению элементов искусственного интеллекта в педагогическую деятельность.

Таким образом, в настоящее время во всех сферах образования ведется поиск путей повышения эффективности и качества обучения. Внедрение в учебный процесс технических средств и компьютеризация является характерными чертами современного высшего образования. Традиционные формы обучения, сложившиеся на протяжении столетий, необходимо дополнять иными, основанными на всем том новом, что накопило в этой области человечество [5]. Основной из составляющих в этом новом видении проблемы современного обучения является возможность использования для обучения педагогических систем с элементами искусственного интеллекта.

Литература

1. Гальперин П.Я. Основные результаты исследований по теме «Формирование умственных действий и понятий». М.: Наука, 1965. С. 67-81.

2. Атанов Г.А., Асмолов А.Г. Основные принципы психологической теории деятельности // А.Н.Леонтьев и современная психология. М.: МГУ, 1983.

3. Педагогические основы использования искусственного интеллекта в дистанционном образовании на современном этапе. URL: http://ea.donntu.edu.ua:8080/jspui/handle/123456789/5442.

4. Исаева Г.Г. Подготовка будущего педагога профессионального обучения к использованию элементов искусственного интеллекта (на примере отрасли «информатика, вычислительная техника и компьютерные технологии»): автореферат дис. ... кандидата пед. наук. Махачкала, 2013.

5. Воеводин А.А. Педагогический подход к построению базы знаний для автоматизированных обучающих систем с элементами искусственного интеллекта: автореферат дис. … кандидата пед. наук. СПб., 1998.

И.В. Дёмин

ТРАНСГУМАНИСТИЧЕСКИЙ ОБРАЗ БУДУЩЕГО: ТЕХНОКРАТИЧЕСКАЯ УТОПИЯ ИЛИ ГЛОБАЛЬНЫЙ СВЕРХПРОЕКТ?

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Трансгуманизм представляет собой новое мировоззрение, которое усматривает главную и конечную цель человеческих устремлений в преодолении природной обусловленности человека, символом и квинтэссенцией которой выступает *смерть*.

Практически с самого момента своего возникновения и вплоть до настоящего времени трансгуманизм подвергался критике со стороны самых различных философских и религиозных течений. Всё многообразие возражений и критических замечаний против трансгуманистического проекта и трансгуманистического «образа будущего» можно разделить на две группы: 1) содержательные возражения против самого проекта, против тех *целей*, на которые данный проект ориентируется и 2) возражения против *осуществимости, достижимости, реализуемости* этих целей.

Вторая группа возражений связана с тем, что трансгуманистический проект однозначно квалифицируется критиками как *проект утопический*[1]. Приведём в этой связи лишь некоторые наиболее характерные цитаты. Так, Е. Н. Гнатик, замечает, что «утопические по своей сути конструкции трансгуманизма» не так уж безобидны: «размышления о фантастических перспективах человечества уводят от решения насущных проблем и погружает, может и в приятные, но в бесплодные мечтания», а «тяга к потустороннему и неземному пытается потеснить гуманизм и гуманистический оптимизм»[2]. Распространение трансгуманистических идей связывается со стремление спрятаться, уйти от «настоящего»[3].

---

[1] Медведева Т. Б. Технологическая утопия и формы ее репрезентации в современной культуре: технопрогрессивизм, трансгуманизм и цифровая утопия // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Философия. Социология. Право. 2011. Т. 18. № 20 (115). С. 45-61.

[2] Гнатик Е. Н. Высокие технологии и сдвиг гуманитарной парадигмы. – М.: ЛИБРОКОМ, 2012. С. 21.

[3] Гнатик Е. Н. Трансгуманистические проекты в эпоху конвергентных технологий // Человек и его будущее: Новые технологии и возможности человека / Отв. ред. Г. Л. Белкина. – М.: ЛЕНАНД, 2012. С. 350.

Примечательно, что критики трансгуманизма не показывают, *почему* и *на каком основании* этот проект должен быть признан утопическими, а просто ставят знак равенства между «трансгуманизмом» и «утопизмом». Утопический характер трансгуманистического проекта только *декларируется*, а не *доказывается*.

Рассмотрим ключевые характеристики утопического сознания. Важная характеристика утопического сознания, присущая также и трансгуманизму, – это *активизм*. «Утопия как проект, – пишет Е. Л. Черткова, – выражает “технический”, “инженерный” подход к миру. При таком подходе проявляется радикальным активизм утопизма, его претензии на всецелое преобразование мира силой человеческого творчества»[1].

Утопическое сознание обращено не просто к будущему, оно обращено к *невозможному* будущему, которое не следует, не вытекает из настоящего. Утопическое сознание предполагает «выход за пределы не только действительного, но и возможного»[2]. «Цель утопического сознания – показать такие качества социального бытия, которые из эволюции наличной действительности не вытекают»[3].

Нетрудно заметить, что такая трактовка утопического типа сознания основывается на *традиционном, эссенциалистском* решении вопроса о сущности человека, на *линейном* понимании времени и *детерминистском* понимании развития. Если же исходить из радикально иной – неметафизической и постметафизической - установки, согласно которой сущность человека заключается в его способности к *самопреодолению* и *самотрансцендированию,* то так называемая «наличная действительность» предстанет как *пространство человеческих возможностей* (ресурсов, материалов) *и невозможностей* (границ, ограничений). В таком случае то, что принято называть «утопией» и «утопическим сознанием», окажется *одной из констант и сущностных характеристик человеческого бытия как такового*.

Критика утопического типа сознания всегда направлена против идеи «земного рая», против *презумпции осуществимости* тех или иных моделей «идеального общественного устройства». Эту критику следует признать вполне правомерной и уместной, так как никакой «общественный идеал» не является *подлинным* и *целостным* идеалом, а потому и не может выступать в качестве *конечной цели человеческих устремлений*[4]. В русском космизме и в трансгуманизме, однако, предполагается принципиально иное понимание сущности идеа-

---

[1] Черткова Е. Л. Специфика утопического сознания и проблема идеала // Идеал, утопия и критическая рефлексия / Отв. ред. В. А. Лекторский. – М.: РОССПЭН, 1996. С. 161-162.

[2] Там же. С. 162.

[3] Там же. С. 163-164.

[4] См.: Дёмин И. В. «Эсхатология спасения» Н. А. Сетницкого в свете трансгуманистического мировоззрения // Вестник Самарской гуманитарной академии. Серия «Философия. Филология». 2013. № 1 (13). С. 73-84.

ла[1]. Идеал здесь связывается с радикальным изменением самого человеческого существа, субстрата человеческого существования, а не просто с переустройством общества на новых началах. Социально-культурные аспекты человеческого бытия и так называемые «социально-философские» проблемы здесь отходят на второй план. Если всякий утопизм – это *социальный* утопизм, если всякая утопия предполагает идеал совершенного социума, то трансгуманизм не является утопией, потому что не рассматривает вопрос об общественном устройстве в качестве вопроса *приоритетного*.

Обратим внимание на те черты, которые роднят трансгуманизм с утопическим сознанием. 1. Трансгуманизм ставит перед человеком/человечеством глобальную сверхзадачу и сверхпроект, осуществление которого требует *интеграции* деятелей и *мобилизации ресурсов*. 2. Трансгуманистический образ будущего представляет собой *альтернативу* современности, современному «обществу потребления» и «человеку-потребителю». 3. Человек в трансгуманистическом мировоззрении понимается как активное *самотрансцендирующее* существо.

Можно ли на основании выявленных сходств квалифицировать трансгуманистический проект как проект *утопический*? Очевидно, что все выявленные признаки могут рассматриваться как специфические характеристики именно *утопического* типа сознания лишь в том случае, если будет с убедительностью показано, что трансгуманистический проект *заведомо* и *принципиально* неосуществим. Этот проект можно будет признать утопическим, если будет показано, что его осуществление не просто *пока ещё невозможно*, но *невозможно в принципе*. Таких аргументов противники трансгуманизма, однако, до сих пор не выдвинули. Напротив, имеются основания, которые позволяют рассматривать трансгуманистический проект в качестве *принципиально реализуемого*. *Онтологическим* основанием проекта «кибернетического бессмертия»[2] (преодоления биологической обусловленности человеческого существа) выступает *постметафизическое* (*неэссенциалистское*) понимание человека, предполагающее различение «природы человека» и его «сущности». *Методологическим* основанием этого проекта является парадигма функционализма в целом и *принцип изофункционализма систем* в частности.

Убеждённость противников трансгуманизма в принципиальной невозможности осуществления (а, следовательно, *утопичности*) этого проекта основана на неразличении природы (субстрата) и сущности человека и на игнорировании принципа изофункционализма. Д. И. Дубровский, разъясняя суть парадигмы функционализма и принципа изофункционализма, указывает на недопустимость такой редукции (*функций* системы к её *субстрату*): «Описание и объяснение функциональных отношений логически независимо от физического

[1] Дёмин И. В. Трактовка идеала в философии русского космизма // Аспирантский вестник Поволжья. 2013. № 7-8. С. 34-37.

[2] См.: Дубровский Д. И. Кибернетическое бессмертие. Фантастика или научная проблема? // Взгляд. 25 октября 2012.

описания и объяснения. Следовательно, первые не могут быть редуцированы ко вторым»[1].

Квалификация трансгуманизма как *утопизма* основывается на *убеждённости* критиков и скептиков в том, что проект «кибернетического бессмертия» принципиально *неосуществим*, что это вовсе и не проект, а скорее *мечта* или *фантазия*. Чем «проект» отличается от «мечты» или «фантазии»? Мечты и фантазии могут существовать в качестве значимых феноменов сознания безотносительно к *действию*. Проект же - это *осуществимый* и *осуществляемый* проект. Проект имеет смысл лишь *в связи с действиями* (реальными или предполагаемыми), направленными на его осуществление. Также проект (в отличие от мечты или фантазии) *с самого начала* ориентирован на имеющиеся в распоряжении деятеля *возможности*. Но, будучи ориентирован на имеющиеся возможности, проект как *образ будущего* всегда представляет собой *альтернативу* настоящему и его определяющим «тенденциям».

Трансгуманистический проект и образ будущего, несомненно, представляет собой альтернативу современному «обществу потребления». Альтернатива эта, впрочем, является не *социальной* или *политической*, но *аксиологической* и *антропологической*. Трансгуманистический проект направлен на изменение самого *способа человеческого существования* и самого *бытийного статуса человеческого существа*. Если трансгуманистический проект и является «утопией», то это такая утопия, которая составляет существенный аспект человеческого бытия как такового. Трансгуманизм - это выражение изначально присущего человеку стремления к преодолению существующих границ и наличных условий своего существования.

Литература

1. Гнатик Е. Н. Высокие технологии и сдвиг гуманитарной парадигмы. – М.: ЛИБРОКОМ, 2012. – 168 с.

2. Гнатик Е. Н. Трансгуманистические проекты в эпоху конвергентных технологий // Человек и его будущее: Новые технологии и возможности человека / Отв. ред. Г. Л. Белкина. – М.: ЛЕНАНД, 2012. – С. 343-354.

3. Дёмин И. В. «Эсхатология спасения» Н. А. Сетницкого в свете трансгуманистического мировоззрения // Вестник Самарской гуманитарной академии. Серия «Философия. Филология». 2013. № 1 (13). – С. 73-84.

4. Дёмин И. В. Трактовка идеала в философии русского космизма // Аспирантский вестник Поволжья. 2013. № 7-8. – С. 34-37.

5. Дубровский Д. И. Кибернетическое бессмертие. Фантастика или научная проблема? // Взгляд. 25 октября 2012.

6. Информационный подход в междисциплинарной перспективе (материалы Круглого стола) // Вопросы философии. 2010. № 2. – С. 84-112.

[1] Информационный подход в междисциплинарной перспективе (материалы Круглого стола) // Вопросы философии. 2010. № 2. С. 102.

7. Медведева Т.Б. Технологическая утопия и формы ее репрезентации в современной культуре: техно-прогрессивизм, трансгуманизм и цифровая утопия // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Философия. Социология. Право. 2011. Т. 18. № 20 (115). С. 45-61.

8. Черткова Е. Л. Специфика утопического сознания и проблема идеала // Идеал, утопия и критическая рефлексия / Отв. ред. В. А. Лекторский. – М.: РОССПЭН, 1996. – С. 156-187.

С.В. Мышкин

КОНСЕРВАТИВНАЯ РЕВОЛЮЦИЯ В СВЕТЕ ТРАНСГУМАНИСТИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ОБЩЕСТВА

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

С точки зрения, которую принято называть обывательской, современный мир, его картина, его политические и культурные ландшафты, его социальные модели – естественны и находятся в имеющемся состоянии благодаря стихийному развитию событий и обстоятельств. Этопозиция находит свое логическое завершение в бытовом нигилизме, который в отличие от нигилистических концепций и течений 19 и 20 вв., имеет массовое распространение и овладевает все большим количеством людей вне зависимости от их социального положения, интеллектуального и духовного развития. Единственным смыслом бытия большинства становится жизнь в круге первичных, базовых, бытовых интересов, а такие предметные области как политика и геополитика, религия, философия, мораль и надындивидуальные коллективные ценности провозглашаются отвлеченными и граничащими с патологиями развлечениями праздных умов. Так, в современном мире человек окончательно теряет свои первозданныетворческие способности и превращается: «Бывает такая болезнь – поперечный миелит – когда оказывается пораженным нерв истории. Это приводит к угасанию традиции. Деяния отцов могут тогда жить только вспектакле, в трагедии, но не в повседневной практике» [1. С.190].

Для внимательного наблюдателя, успевшего понять, что в основе любого порядка вещей лежат идеи и способ их реализации, подобная удручающая картина перестает быть чем - то естественным и незыблемым. Анализируя это положение, такой наблюдатель обнаруживает себя в эпицентре господствующей и всеобъемлющей либеральной парадигмы мирового развития.

Ключевым моментом в формировании этого порядка, безусловно, является Французская буржуазная революция, которая в мировом масштабе спровоцировала развитие принципиально новых (относительно всей предыдущей человеческой истории) экзистенциальных, политических и философских концепций. В современной историографии эти установки принято называть идеологиями. В политологии и философии политики выделяют три основных типа

идеологий: либеральные, социалистические (левые) и консервативные (правые).

Эти идеологии достигают в 40-е гг. XX в., во время Второй Мировой войны. Однако единственной идеологией, сумевшей выжить и претендовать на абсолютное мировое господство, после крушения СССР стала либеральная идеология, традиционно транслируемая рядом западных стран во главе с США. Вследствие этого политические и духовные институты большинства стран мира (даже вопреки декларируемой приверженности традиционным ценностям и моделям управления), оказались под радикальным влиянием либеральной идеологии, которую один из лидеров Консервативной революции Эрнст Юнгер охарактеризовал так: «Свойственная демагогам навязчивая идея равенства, которая еще опаснее, чем жестокость людей в генеральских мундирах» [1. С. 251].

В этом контексте поиск политической и философской альтернативы становится неизбежным для любого, не являющегося сибаритом и эскапистом мыслящего человека, желающего выйти из состояния пассивности прорваться к своим возможностям, стать одним из полноценных участников жизненных процессов: «Остались редкие люди, которым благодаря своей – до той или иной степени осознанной – принадлежности другому миру, образно говоря, удалось выстоять среди руин в атмосфере всеобщего разрушения. Остался небольшой отряд, который, похоже, готов продолжать сражаться даже на потерянных позициях, и пока он не сдается, не идет на компромиссы, искушаемый возможностью близкого, но, по сути, иллюзорного успеха, его существование служит лучшим подтверждением нашим словам» [2].

Анализ многочисленного количества индивидуальных способов выхода за пределы сложившейся социально-политической матрицы слишком объемен и не представляет исследовательского интереса. Также и поиски альтернативы в уже фактически отживших свое левой и правой парадигмах мирового развития представляются содержательными только с точки зрения приобретения дополнительного интеллектуального инструментария, помогающего очерчивать и обозначать недостатки и уязвимые места существующего порядка вещей.

Наиболее пристального внимания и интереса заслуживает Консервативная революция – последовательное политическое течение, совмещенное с детально разработанной системой философских взглядов. Уникальность Консервативной революции, помимо ее содержательной полновесности, определяется ее *недискредитированностью* (в отличииот обозначенных выше парадигм) в реальной жизни, в политическом и социальном поле. Рассматривая Консервативную революцию как объект исследования, мы рассматриваем один из вариантов мирового развития, сохранившийся в абстрактном, зародышевом состоянии. Это отмечает Э. Юнгер в своем эссе «Уход в лес»: «Все, что развертывается сегодня в технической силе, это лишь мимолетное мерцание из сокровищниц бытия. Если человеку удается пусть даже на неизмеримые мгновения войти в них, то он добудет себе уверенность: временное не только утратит угрожающее, а будет казаться ему разумным» [3.]

Термин «революционный консерватизм» впервые вводится в оборот русским философом Ю. Ф. Самариным. В широком смысле это течение охватывает весь спектр независимых и не связанных друг с другом европейских философов, критически относящихся к Французской буржуазной революции, ее последствиям и проповедующих идеи радикального и умеренного традиционализма. Здесь наиболее яркими персоналиями являются Ю. Ф. Самарин, Рене Генон и Юлиус Эвола. В более узком, специальном значении под консервативной революцией понимается существовавшее в первой половине XX в. объединение немецких философов, из которых стоит отметитьродоначальника немецкой школы геопоплитики Карла Хаусхофера, юриста и философа Карла Шмитта, писателя Эрнста Юнгера.

Наибольший исследовательский интерес вызывают фигуры К. Шмитта и Э. Юнгера. Именно им удалось последовательно и взвешено разработать принципы Консервативной революции, не перейдя грань между идеей возврата к традиционному обществу и эпатажем экзотической архаикой, возведенной в прием представителями того же течения Ф. Хильшером и Ю. Эволой. В отличие от русских философов – традиционалистов Самарина, Хомякова, Леонтьева, логическим основанием традиционализма которых являются нерефлекторные, религиозно-мифологические установки, Юнгер и Шмитт выстраивают логичное и рациональное осмысление возврата к традиционному обществу, что придает их фигурам и интеллектуальному наследию дополнительный интерес в глазах исследователя.

Идеи Консервативной революции стоят в оппозиции не только к либеральному миру и либеральным идеям. Столь же опасным противником, с точки зрения идей Консервативной революции и традиционализма, является любое идейное наследие Французской революции, нашедшее свою реализацию в доведенных до логического завершения лозунгах свободы, равенства и братства, либо в радикальной, правой оппозиции этим лозунгам. Подобная оппозиционность часто создает этический диссонанс через игру контрастов, ведь если не свобода то рабство, если не равенство, то диктатура, если не братство, то война. Однако подобные контрасты поверхностны. Свобода, лишенная ориентиров, равенство, разрушившее естественные связи, и братство, превратившееся в одинаковость – таковы черты нового мира, мира обозначенного Э. Юнгером в качестве мира техники. Человек, живущий в этом мире, полностью утрачивает личностные черты, глобальный контекст бытия и осознание автоматического характера собственной жизни. «Даже когда посещаешь большие города через короткие промежутки времени, в глаза всякий раз бросается нарастание автоматического характера. Примечательно, что в равной степени возрастает ощущение летаргического сна, отсутствия, выпадения из мира. Читаешь это по лицам отдельных людей, наблюдая, как циркулируют массы, с каким видом сидят за рулем шоферы. Кажется, что в сущности своей они лишены даже малейшей капли сознания, хотя форма говорит об обратном» [4.С. 99].

Консервативная революция – это не только и не столько возврат к традиционному укладу жизни и формам управления (не случайно ни один из фило-

софов – консерваторов не указывает на временную дату предполагаемого расцвета традиционного общества), сколько духовная революция, предполагающая коллективный возврат к своим корням, к первобытному, мифическому, интуитивному способу освоения мира и выживания в мире, освоение доставшихся по наследству инструментов из кладовой собственного духа, воскрешение собственной природы, которая даже в условиях тотального государства делает одиночку победителем.

Интересно возможное участие идей консервативной революции и традиционализма в одной из перспектив развития человечества, получившей название трансгуманизма. Параллельно с разработкой новых форм и возможностей физического бытия, трансгуманизм поднимает этические и нравственные вопросы. Возможно ли сохранение личности человека вне его тела, способен ли человек становиться самим собой, минуя онтогенез, возможна ли жизнь в мире, лишенном его биологических ландшафтов?

Прогнозы неутешительные. «Кризисы, которые переживает современное общество, — экологический, экономический, политический, культурный, — это следствие глубокого духовного кризиса, в который человечество загнало себя во второй половине XX века» [6. С. 188] - в этих условиях окончательный отрыв от корней, выход из биологической матрицы, не подкрепленный традиционными ценностями и способами взаимодействия с миром приведет к катастрофе, превращению человека в автотрофа, с каждым новым поколением отдаляющимся от своей природы и превращающимся в бессмысленно функционирующий механизм который, конечном итоге обречен стать лишь симулякром человека. «Я стою в телефонной будке после конца света. Могу звонить куда хочу и сколько хочу. Неизвестно, выжил ли кто-нибудь еще кроме меня или мои звонки – просто монологи сумасшедшего. Иногда звонок короткий, словно трубку сняли и бросили; иногда он длиться долго, словно кто-то слушает меня с нечистым любопытством. Нет ни ночи, ни дня; у ситуации нет и не может быть конца. Добро пожаловать в вечную жизнь»[7. С. 7-8].

Подобное развитие событий возможно лишь «до тех пор, пока средний массовый человек вовлечен в антипросветительские идеологические системы, не видит монументальной истории позади себя и глобального будущего впереди себя» [6. С.189].

Такая массовая потеря реальных ориентиров в обществе, связанная с виртуализацией жизни и превращением ценностных категорий в симулякры – состояние, уже сейчас имеющее тенденцию к постоянному ухудшению, а ситуация полного, коллективного погружения в виртуальную, сверхтехнологическую реальность возможна уже в недалеком будущем. В этом свете идеи консервативной революции предстают в наиболее выгодном свете – именно радикальный синтез высоких технологий и традиционных способов освоения мира и бытия в мире, которые содержат в себе идеи консервативной революции, в перспективе представляется наиболее эффективным способом выживания и существования, к которому, возможно, однажды придется обратиться любому человеку, желающему сохранить свою личность и свободу.

Литература

1. Юнгер Э. Эвмесвиль. М., 2013.
2. Эвола Ю. Оседлать тигра. URL: http://thelib.ru/books/evola_yulius/osedlat_tigra-read.html (дата обращения: 13.05.14).
3. Юнгер Э. Уход в лес. URL: http://coollib.net/b/242302 (дата обращения: 13.05.14).
4. Юнгер Э. Сады и дороги. М., 2008.
5. Шмитт К. Понятие политического. http://www.politizdat.ru/
6. Нестеров А.Ю. Проблема человека в свете идеологии эволюционного трансгуманизма // Глобальное будущее 2045. Конвергентные технологии (НБИКС) и трансгуманистическая эволюция. М., 2013.
7. Уэльбек М. Возможность острова. М., 2006.

А.Ю. Нестеров

ТРАНСГУМАНИЗМ КАК ИДЕОЛОГИЯ

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Трансгуманизм – это термин, производный от введенного в англоязычный обиход переводчиком «Божественной комедии» Данте Генри Фрэнсисом Кэри прилагательного *transhuman*[1], обозначающий сейчас набор мировоззренческих установок, связанных с улучшением биологических свойств человека за счет технологического прогресса. Содержательно «трансгуманизм» подразумевает анализ границ человеческого в естественнонаучном, нравственном, эстетическом измерениях с целью обнаружения путей их качественного преодоления.

В онтологическом плане трансгуманизм определяется стремлением найти продуктивную модель описания и преобразования человека средствами современной науки – и тем самым оказывается в ситуации диалога с традиционными конфессиями и естественнонаучным материализмом; в гносеологическом плане ставится задача качественного расширения спектра познания человека и возникает требование понимания эволюционных механизмов, разработки теории и методологии качественного преобразования человека; в аксиологическом плане ставится задача осмысления качественно новой системы ценностей и экзистенциальных смыслов, обозначения требований высокой этики постсингулярного этапа развития цивилизации; в праксеологическом плане утверждается необходимость создания социального субъекта, способного реализовать трансгуманистическую систему ценностей.

В обширной литературе по трансгуманизму это направление во многом рассматривается как способ постановки целей, научно-технологическая реали-

[1] Paradiso, Canto I, 70.

зация которых способна привести человека к неочеловеку, постчеловеку, богочеловеку, киберчеловеку, сверхчеловеку: «Постгуманизм формулирует цель, трансгуманизм – путь» [11: С. 112]. Европейская философия предпочитает в определении целей эволюционного развития человека использовать приставку «пост-», классическая русская религиозная философия – «бого-», современные русскоговорящие мыслители – приставку «нео-». Необоснованность истолкования перспектив трансгуманистических преобразований как перехода к постчеловеку, т.е. к некому дегуманизированному существу, лишенному всех нынешних фундаментальных ценностей, справедливо отмечается Д.И. Дубровским. Это будет не пост-человек, а *нео-человек,* так как его сознание сохранит главные наши ценности – добро, красоту, истину, справедливость, любовь, творчество, духовное возвышение. Сохраняя свои общие значения, они будут наполнены новым экзистенциально значимым содержанием [7].

Трансгуманизм – в его русскоязычном выражении – требует от философа в публичной деятельности не переозначивания известных от сотворения мира банальностей и не игры со словами ради минутной фельетонной славы, а серьезного анализа и основанного на внятной методологии прогноза.

Один из самых сложных вопросов как в мировоззренческом, так и в научном плане – это вопрос об эволюции или развитии. Трансгуманизм требует «внешнего» взгляда на человека: целеполагания, в котором его нынешнее состояние тела и сознания рассматривается как переходное, незавершенное, открытое для качественных изменений.

Проблема эволюции сознания и тела человека формулируется в виде ряда вопросов, каждый из которых задает соответствующее содержание понятия эволюции. Первый вопрос заключается в выявлении новых синтаксических правил той или иной функции сознания без изменения условий ее возможности и субстрата реализации, второй вопрос связан с изменением условий возможности и субстрата для отдельной функции, третий вопрос – с появлением, выработкой или открытием новых условий возможности и новых субстратов осуществления функций сознания. Реальная наука и среднее массовое мировоззрение располагаются в рамках первого вопроса, задача трансгуманизма как идеологии заключаются в том, чтобы раскрыть перспективы способов работы в рамках второго (например, за счет реализации принципа изофункционализма систем) и даже третьего вопросов.

Эта задача может быть решена лишь трансформацией мировоззрения массового человека: общество и государство состоят из людей, их структура и способы взаимодействия определяются в конечном счете интересами и потребностями большинства. До тех пор пока средний массовый человек вовлечен в антипросветительские идеологические системы, не видит монументальной истории позади себя и глобального будущего впереди себя, эволюция будет следовать принципу аналогии, подчиненному корысти и эгоизму.

Изменить мировоззрение массового человека можно, трансформируя содержание базовых метафизических понятий (смерть, счастье, «Я» и т.п.) в просветительской идеологии. Способность к самодетерминации в стремлении к

высоким целям, понятая в качестве смысложизненной задачи индивида и реализованная в магистральных сюжетах общественного сознания, – это основание для трансформации индивидуального мировоззрения. Высокие цели эволюционного трансгуманизма определены пафосом стремления к неочеловечеству, т.е. к такому человечеству, где исследуемое философами на протяжении тысячелетий качество мудрости характеризует не избранное меньшинство, но абсолютное большинство. Это цели кибернетического бессмертия, синтеза научного и духовного знания, создания социального субъекта, способного остановить деградацию и самоуничтожение современной цивилизации.

Эти цели в их содержательной полноте крайне сложны для философского анализа, в каждой из них востребован потенциал самоорганизации отдельного человека, заявлено эволюционное требование автокоммуникативной самодетерминации индивида и общества.

Кибернетическое бессмертие, перенос личности на альтернативный носитель, победа над болезнями и старением – это цели, которые массовое сознание привычно рассматривает либо в терминах традиционных религиозных систем, либо квалифицирует как фантазию. Для философской антропологии здесь значим принципиальный сдвиг качественной границы самосознания человека: философия жизни, экзистенциализм и постмодернизм приучили европейского обывателя к тому, что человек обнаруживает себя в качестве человека лишь перед лицом физической смерти. Пропаганде этой доктрины посвящена колоссальная литература, хотя очевидно, что человек в рефлексии обнаруживает себя по отношению к предельной границе, к такой границе, которую он здесь и сейчас преодолеть не в состоянии, где понятие смерти содержательно есть лишь часть понятия границы. Совпадение границ человеческого и смертного есть лишь частный случай в самосознании человека.

Человек полагает качественную границу саморефлексии в том содержании, которое ему доступно; вся разница между отдельными людьми, как она фиксируется в истории философии, может быть показана как разница между доступными им содержаниями актов самопознания. Задача трансгуманизма как идеологии – открыть и показать практические способы расширения доступного индивиду содержания. Это расширение сознания, которое в течение последних тысячелетий было связано с духовным опытом, позволяя индивиду в актах самопонимания выходить за пределы своей физической данности в пространство культуры, в XXI в. осуществляется в синтезе науки, духовных практик и философского анализа.

Синтез научного знания и духовных практик – это условие возможности эволюции. С одной стороны, научное познание есть расширение границ познаваемого, исторически фундированное религиозными основаниями. С другой стороны, вне практик самоотречения, вне служения идее, вне стремления к истине невозможны содержательные сдвиги самосознания. Техническая реализация кибернетического бессмертия фактически есть требование одушевления мертвой материи, реконструирующее феномен техники (как мастерства) в его исходном значении: техника в любом из ее проявлений есть экзосоматическое

осуществление рассудочных структур индивида, предметно реализованное или овеществленное самосознание человека и общества, показывающее его уровень и содержательные границы. Бессмертие в техническом воплощении – это не профанация сакрального духовного знания, но закономерная ступень в эволюции самосознания человека, владеющего научно-технологическим знанием.

Эволюция определяется волей к преодолению границ, техниками овладения природой и способностью удержать знание о своем незнании на каждом новом шаге познания. Трансгуманизм – это идеология Нового Просвещения: человек становится человеком, когда он оказывается способным к целеполаганию и целереализации, к постановке и решению проблемы будущего, к ответственности перед будущим, к мобилизации (осознанному отношению к своим жизненным практикам) ради будущего. Идеология, среда самосознания человека – это коммуникативное пространство целеполагания, задающее сюжеты личностной эволюции. Человек – не раб своей природы, предрассудков или догм. Человек соотнесен с собой и свободен в этом соотнесении.

Литература

1. Гегель *Г.В.Ф.* Философская пропедевтика // *Гегель* Г.В.Ф. Работы разных лет: В 2-х т. М., 1971. Т. 2.
2. Гегель Г.В.Ф. Энциклопедия философских наук. М., 1974–1977.
3. Диев В.С. Управление риском: методологические и ценностные аспекты // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Философия. Т. 5. Вып. 2. Новосибирск, 2007.
4. Ицков Д.И. Путь к неочеловечеству. URL: http://vz.ru/opinions/2012/11/9/606449.html.
5. Ицков Д.И. Футуризм, космизм и русская экспансия. URL: http://vz.ru/opinions/2012/10/9/601701.html.
6. Моррис Ч.У. Основания теории знаков // Семиотика: Антология / Степанов Ю.С. (сост.). М.; Екатеринбург, 2001.
7. «Россия 2045» представила свою программу Научному совету РАН по методологии искусственного интеллекта. URL: http://2045.ru/articles/30803.html.
8. «Эволюция 2045» – партия интеллектуального, технологического и духовного прорыва. Манифест. URL: http://evolution.2045.ru.
9. Dilthey W. Der Aufbau der geschichtlichen Welt in den Geisteswissenschaften. F.a.M., 1981.
10. Günther G. Das Bewusstsein der Maschinen. Eine Metaphysik der Kybernetik. Baden-Baden, 2002.
11. Krüger O. Virtualität und Unsterblichkeit. Die Visionen des Posthumanismus. Freiburg im Breigau, 2004.
12. Mittelstraß J. Enzyklopädie Philosophie und Wissenschaftstheorie. Stuttgart; Weimar, 2004.

Г.В. Паршикова

ФИЛОСОФСКАЯ ПРОБЛЕМАТИКА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В АСПЕКТЕ ВЗАИМООТНОШЕНИЙ ЯЗЫКА И СОЗНАНИЯ

(ФГБОУ ВПО «Брянский государственный технический университет»)

В работе рассматриваются вопросы создания человекоподобного искусственного интеллекта, исследуется возможность мышления машины наравне с человеком, анализируются последствия создания искусственного интеллекта для современного общества.

Важнейшей задачей для создателей человекоподобного искусственного интеллекта является принципиальная возможность воспроизведения функций головного мозга. На протяжении эволюции создания искусственного интеллекта идеалом являлся человек, так как иного сознательного и мыслящего существа нет, а основной задачей было создание модели человеческого разума. Достижения современных ученых состоят в получении возможности искусственным интеллектом имитировать отдельные интеллектуальные задачи человеческого мозга (планирование и составление расписаний, распознавание образов, решение логических задач и т.д.). И эти возможности не являются интеллектуальными по своей сути, т.к. компьютер не обладает возможностью обобщения, сравнения, конкретизации, самообучения.

Исследования в области искусственного интеллекта затрагивают важнейшие вопросы человеческого существования, претендуя на раскрытие тайны разума [1]. Решение вопроса о принципиальной возможности создания машинного эквивалента человеческого «ума» имело бы огромное значение для понимания природы человеческого мышления и сознания, понимания природы психического в целом. Накопленный к настоящему времени опыт создания различных «интеллектуальных систем», а также имеющиеся результаты исследования человеческого интеллекта и человеческого сознания в философии, позволяют говорить о возможности создании человекоподобного искусственного интеллекта.

Актуальность проблемы создания человекоподобного искусственного интеллекта обусловлена тем, что ее решение способно продвинуть нас не только по пути социального и научно-технического прогресса, но и по пути понимания человеческого разума, сознания, языка, а так же лингвистического поля сознания и психики человека, расшифровке генетического кода и генома человека и создание на этой основе первого искусственного интеллекта, подобного человеческому. Поэтому поднятые в работе вопросы имеют как общефилософское значение, так и способствуют решению научных задач в общеотраслевом и государственном масштабе.

Вместе с тем, несмотря на интенсивные дискуссии и чрезвычайное обилие публикаций, трудно говорить, что в аналитической философии достигнуты какие-то крупные концептуальные прорывы [2]. Создается впечатление о несо-

размерности гигантского полувекового труда и его результатов. Однако же именно в рамках этого философского направления, как ни в каком другом, ведется столь длительная, систематическая и целенаправленная разработка указанной проблемы. И она требует квалифицированного критического анализа, что является важным условием дальнейших творческих поисков и решений.

Мышлением называется процесс отражения в сознании человека связей, суждений и отношений между предметами или явлениями действительности. Понятия и суждения являются такими формами отражения действительности, которые получаются в результате сложной умственной деятельности, состоящей из ряда следующих мыслительных операций: сравнение выделенных объектов, абстракция, обобщение, конкретизация, анализ, синтез. В свою очередь мышление машины — это не что иное, как обработка символов по заранее четко заданной программе, алгоритму, т.е. манипулирование набором упорядоченных бит. А самого по себе манипулирования не достаточно, чтобы гарантировать наличие смысла. Так как же тогда достичь смысла?

Сознание и мышление не являются когнитивными способностями, генерируемыми когнитивной системой живых существ, эти способности подлежат биологической эволюции, что их можно объективно исследовать экспериментальными методами. Многие исследователи полагают, что объективные или интерсубъективные характеристики работы вербального сознания и мышления могут материально проявляться только в речевых актах, в структурах естественных или искусственных языков.

Речь здесь идет об активной роли языка в процессе познания, о его эвристической функции, о его влиянии на восприятие действительности.

Язык и сознание представляют собой органическое единство: сознание возникает на основе языка, язык делает возможным сознание [3]. Мнение американского философа и конгнитивиста Д. Деннетта относительно языка и сознания, сводится к тому, что поиски ученых разгадки тайны сознания, ищущих в мозгу ответственный за сознание «главный нейрон» являются методологическими заблуждениями и не достигают своей цели.

По мнению Патриции С. Чёрчленд – нейрофилософа – профессора Калифорнийского университетав нервной системе имеется несколько уровней организации – молекулы, структуры нейронов, целые нейроны, малые сети нейронов, большие сети нейронов и мозг (когнитивная система) в целом [4]. Ученые стремятся объяснить высшие психические функции и способности (восприятие, память и т.д.) прежде всего с точки зрения когнитивных систем и больших сетей. Но они также должны ставить перед собой задачу объяснить эти функции и способности в рамках меньших сетей. Кроме того, молекулы мозга могут быть подвергнуты биохимическому анализу, а обнаруженные данные – интерпретированы в терминах физики. П. Чёрчленд высказала предположение, что нейрофизиология и психология будут продолжать коэволюционировать до тех пор, пока в будущем, на некотором более высоком уровне психологические теории не окажутся редуцированными к более фундаментальной нейрофизиологической теории.

Д. Деннет выдвигает гипотезу, что «каждое человеческое сознание, на которое вы когда-либо обращали внимание, включая, в частности, и ваше собственное, рассматриваемое вами «изнутри», – это не только продукт естественного отбора, но и результат культурного переконструирования огромных масштабов.

Сознание подобное человеческому возможно создать на основе поливариантного облика унитарности языка, построенного с использованием категорий-концептов по Эленбергу и Маклейну, соединенных многоуровневой сетью соответствующих функторов, т.е. мемов.

Литература

1. Матурана, У. Древо познания / У. Матурана, Ф. Варела. – М.: Мысль, 2001. –523с.

2. Волков, Д. Б. Бостонский зомби: Д. Деннет и его теория сознания./ Д.Б. Волков. – М.: Либроком, 2012. – 320с.

3. Степанищев, А.Ф. Основания единства философского осмысления проблем научной рациональности, языка и информации / А.Ф. Степанищев // Вестн. Брянского гос. техн. ун-та. – 2011. - № 4. – С. 133-138.

4. Степанищев, А.Ф. Голографическая модель языка как основа для построения искусственного интеллекта и моделирования сознания / А.Ф. Степанищев, Г.В. Паршикова // Вестн. Брянского гос. техн. ун-та. – 2013. - № 2. – С. 126-129.

Т.Н. Соснина

ГУМАНИЗМ: КЛАССИЧЕСКИЙ И ПОСТКЛАССИЧЕСКИЙ В КОНТЕКСТЕ ИДЕЙ В.И.ВЕРНАДСКОГО

(Самарский государственный аэрокосмический университет)

Идеи гуманизма (от лат.humanus - человеческий) как целостной системы появились в эпоху Возрождения и представляли попытку оценить межличностные отношения с позиций равенства, справедливости, права человека на свободу, счастье, развитие дарованных каждому природных способностей. Гуманистическая традиция получила развитие в трудах мыслителей ХУП-Х1Х вв. и марксизма. Эти классические варианты гуманизма как социального феномена сохраняли преемственность в главном. Они признавали ценность человека как личности, одновременно конкретизируя его биологическую и социальную составляющие.

В конце XX в. обозначились координаты постклассического гуманизма – трансгуманизма (от лат.trans – сквозь, homo – человек) мировоззрения, основой которого стало осмысление достижений и перспектив науки.

Цель трансгуманизма с позиций его идеологического статуса состоит в обосновании возможности трансчеловека – постчеловека, физико-психические

и социальные параметры которых будут кардинально отличаться от современного Homo sapiens. С точки зрения сторонников трансгуманизма (Д.Курцвейл, Бостром Н., Хаксли Д. и др.) научно-технический прогресс в области генной инженерии, молекулярной нанотехники, сконструирования искусственного интеллекта, информационных технологий и т.д. позволяет изменить классическую модель эволюции человека как социально - природного существа и создать новый продукт эволюционного развития.

К 2050г. по прогнозу трансгуманистов реальностью станет нетрадиционный вид человека, способного не только менять себя «по частям», но и полностью превратиться в « искусственное тело».

Какие качества будут присущи трансчеловеку и более позднему варианту его эволюции – постчеловеку?

Трансчеловеку (переходному типу) будет доступен спектр разнообразных манипуляций, улучшающих сому с помощью имплантантов, позволяющих создавать «индивидуальную модель» в соответствии с собственными представлениями о своей сущности.

Постчеловеку – производному от трансчеловека – окажется под силу изменение самого себя до такой степени, что человеком в собственном смысле этого слова его считать будет «проблематично».

Чем обусловлена такого рода метаморфоза?

Ответ содержится в публикациях, размещенных на страницах Интернета. Воспроизведем одно из них: «В качестве пост-человека Вы будете обладать умственными и физическими возможностями, далеко превосходящими потенциал любого немодифицированного человека. Ваше тело не будет подвержено заболеваниям, не будет разрушаться с возрастом, что обеспечит неограниченную молодость и энергию. Вы сможете получить гораздо большие способности, испытывать особые эмоции, удовольствие, любовь, восхищение красотой. Вам не придется испытывать усталость или скуку…»[1].

Постлюди превратятся в «техническое изделие» - продукт продвинутый социумом.

Сегодня трансгуманизм как доктрина представлен большим числом направлений и движений. В Европе координирующие функции выполняет Оксфордский университет, в США – университет штата Аризона. В России функционирует Российское трансгуманистическое движение (Д.А.Рязанов, А.Н. Гордеев, И.С. Алмазов и др.) организаторы которого опубликовали в 2011 году манифест «Стратегическое общественное движение «Россия 2045».

Отношение ученых, общественных структур и церкви к феномену трансгуманизма неоднозначно: с одной стороны, ориентация на использование новых технологий не оспаривается и приветствуется, с другой, целевые установки и методы их использования с точки зрения нравственных, биоэтических, демографических, гендерных и других параметров, вызывает немало вопросов, ответы на которые только предстоит получить.

Попытаемся определить авторскую позицию, используя биосферно-ноосферную концепцию В.И. Вернадского. Вектор размышлений не случаен:

сторонники трансгуманизма считают себя преемниками русского космизма (Н.Ф. Федоров, К.Э.Циолковский, А.А. Чижевский, В.И. Вернадский) [2].

Что сближает учение В.И. Вернадского со взглядами трансгуманистов? Определение гуманистического предназначения науки; необходимость ответственности ученых за будущее человечества.

Аргументы.

По мнению В.И. Вернадского «… наука является той силой, которая подымает и создает в значительной мере геологическое значение культурного человечества» [3]; «Наука… по существу едина и одинакова для всех времен, социальных сред и государственных образований» [4]; «Вопрос о моральной стороне науки… становится на очередь дня. Он подготовлен долгой еще не написанной, даже не осознанной историей! «Добро» и «зло» есть также создание ноосферы как и все другое» [5].

Трансгуманизм исходит из признания, что «с помощью новых технологий, в частности, искусственного интеллекта, люди кардинально усилят свои интеллектуальные и физические возможности»[6]; «благодаря ускоряющемуся научно-техническому прогрессу возможен переход на совершенно новый этап в развитии человечества» [7].

Российское трансгуманистическое движение считает своей «важнейшей задачей предотвращение гибели нашей цивилизации» [8].

Исходные посылки трансгуманизма конкретизируем на предмет выявления отличий гуманистической составляющей от той, которая характеризует биосферно-ноосферную концепцию В.И. Вернадского. Рассмотрим ситуацию, используя основное понятие учения В.И. Вернадского - понятие «живого вещества»: «Человек и человечество теснейшим образом, прежде всего, связано с живым веществом, населяющим нашу планету, от которого они реально никаким физическим процессом не могут быть уединены. Это возможно только в мысли…Каждый живой организм в биосфере -природный объект – есть живое природное тело… Человек как живое (или естественное) тело неразрывно связан с определенной геологической оболочкой нашей планеты – биосферой, резко отличной от других ее оболочек, строение которой определяется ее своеобразной организованностью и которая занимает в ней как обособленная часть целого, закономерно выражаемое место» [9]; «Я считаю ошибкой, когда противопоставляют человека среде…, забывая, что живой организм, живое вещество живут в биосфере, от нее неотделимы и являются ее функцией, но ее, в свою очередь, создают» [10].

Иначе говоря, человек есть живая материя, субстрат, наделенный качеством гуманности по отношению как к самому себе, так и по отношению к окружающим.

Переход к человеку как искусственному образованию – антиподу живой субстанции – требует пояснения. Трансчеловек (переходный человек) – есть некто активно подготавливающий себя к трансформации в новое качество – качество «постчеловека», который уже не является человеком. «Постлюди могут оказаться полностью искусственными созданиями (основанными на искусст-

венном интеллекте) или результатом большого числа изменений и улучшений биологии человека или трансчеловека. Некоторые постлюди могут даже найти для себя полезным отказаться от собственного тела и жить в качестве информационных структур в гигантских сверхбыстрых компьютерных сетях. Иногда говорят. что мы, люди, не способны представить себе, что значит быть постчеловеком. Их дела и стремления могут оказаться так же недоступны нашему пониманию, как обезьяне не понять «сложности человеческой жизни» [11].

Сопоставление параметров полуискусственного и искусственного Homo sapiens наводит на мысль: гуманистическое начало трансчеловека может быть расценено только как «квази-гуманистическое». Полуживое и неживое не могут быть носителями гуманистического начала в традиционном его прочтении. Не работает, с нашей точки зрения, и вывод сторонников трансгуманизма о том, что их «мировоззрение совместимо со множеством этических систем» [12].

Квази-гуманистический субстрат постчеловека вряд ли может «вписаться» в биосферо-ноосферную концепцию В.И. Вернадского, сориентированную на понимание человека - продукта природы, наделенного сознанием - способностью сопереживания ко всему сущему на планете Земля.

Литература

1. Я и мир // trimedadus.ru/yaimir/transgumaniz
2. Российское трансгуманистическое движение // transhumanism russia.ru
3. Вернадский, В. И. Неизбежность роста научного знания. Лекция на кооперативных курсах в Симферополе 18(31) ноября 1920 г. [Текст] /Вернадский В.И. // Публицистические статьи - М.: Наука.- 1995. - С.289
4. Вернадский, В.И. Научная мысль как планетное явление. [Текст] /Вернадский В.И. // Философские мысли натуралиста - М.: Наука. -1988.- С.81-82
5. Вернадский, В.И. Научная мысль как планетное явление. [Текст] /Вернадский В.И. // Философские мысли натуралиста - М.: Наука. -1988. - С.68
6. Российское трансгуманистическое движение // transhumanism russia.ru
7. Я и мир // trimedadus.ru/yaimir/transgumaniz.
8. Факты о России // rufact.org/wiki
9. Вернадский, В.И. Биосфера и ноосфера [Текст] / Вернадский В.И. - М., 1989. - 259 с.
10. Вернадский, В.И. Письмо К.Л. Личкову от 5.01.1940. [Текст] /Вернадский В.И. // Биосфера и ноосфера - М., 1987.- С.179.
11. Я и мир // trimedadus.ru/yaimir/transgumaniz.
12. Я и мир // trimedadus.ru/yaimir/transgumaniz

Г.А. Трафимова

СОЦИАЛЬНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ ИНФОРМАТИЗАЦИИ В СОВРЕМЕННОМ ОБЩЕСТВЕ

(Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева)

В условиях лавинообразного роста техносферы общество неизбежно сталкивается с новыми вызовами. Одним из таких вызовов выступают неоднозначные социальные последствия научно-технического прогресса в целом и результаты противоречивого процесса информатизации общества и развития информационных технологий, в частности.

Как процесс, влияющий и на глобальные структуры общества, и на жизнь отдельных индивидов, информатизация требует серьезного научного изучения. Поэтому в последнее время сложился целый ряд научных направлений, связанных с осмыслением социальных, экономических, политических последствий процесса информатизации и развития информационных технологий.

В социальных науках информатизацию принято рассматривать как глобальный процесс, приводящий к смене типа общества, переходящего вследствие «информационной революции» на постиндустриальную стадию своего развития. Хотя теория постиндустриального общества, предложенная в 1970-е гг. Д.Беллом, Э.Тоффлером и др., в настоящее время нередко подвергается критике [1], ее основные положения совместно с концепцией информационного общества позволяют анализировать как тенденции социального развития, так и современное состояние важнейших социальных процессов (в частности, социального контекста развития информационных технологий).

Одним из существенных последствий информатизации общества является появление новых отраслей экономики, характеризующих так называемую «сферу услуг» и связанных с изменением характера труда, индивидуализацией товаров и услуг. Сам процесс информатизации и связанные с ним технологические феномены стали способом конкурентной борьбы как на глобальном рынке (например, рынок телекоммуникационных услуг), так и на рынке отдельных продуктов и технологий. Опыт крупнейших компаний IT-сферы демонстрирует постоянно возрастающее их влияние в обществе.

В целом экономические, политические, социальные и социально-культурные изменения под воздействием развивающихся информационных технологий и вариантов их применения становятся все более многочисленными. «Информационная революция» с ее элементами становится не просто понятием социологии и политологии, а частью повседневной жизни миллионов людей.

Среди конкретных последствий развития информационных технологий наибольшее внимание исследователей привлекает Интернет. Интерес к этому феномену не случаен. По данным исследований Фонда «Общественное мне-

ние», зимой 2013-2014 г. в России количество пользователей Интернета оценивалось в 59% взрослого населения (68,7 млн. чел.), а доля пользователей, выходящих в Интернет хотя бы раз в сутки – 48% [2].

Помимо социально-философского анализа и работ в рамках технологического предвидения (technology foresight), важное место занимают исследования социально-психологического воздействия Интернета как технологии на личность. Социально-психологическое осмысление этой среды интерактивного общения позволяет говорить о создании структур для индивидуального существования, когда человек с помощью Интернета может идентифицировать себя особым образом. В рамках формирующейся психологии Интернета ставится вопрос о многообразии способов «ухода» из реальной жизни путем изменения состояния сознания. Изучение феномена зависимости от Интернета привело к тому, что уже с середины 1990-х гг. Интернет-аддикция как новое поведенческое расстройство рассматривается в качестве объекта терапии с медицинской точки зрения. Несмотря на отсутствие единой теоретической точки зрения относительно самого понятия «Интернет-аддикция», практический аспект решения этой проблемы налицо (создаются психотерапевтические методики, готовятся соответствующие специалисты, проводится лечение). Этот пример показывает, что в ряде случаев социальная практика может опережать теоретическое осмысление проблемы. На наш взгляд, наглядной иллюстрацией является применение феномена Интернет-аддикции в правовых науках и в судебной практике, когда хакеры, нанесшие значительный материальный и репутационный ущерб, признаются зависимыми, требующими психотерапевтического лечения, а не уголовного наказания [3].

Помимо проблемы психологической зависимости от Интернета, все чаще обсуждается влияние Интернета на общий процесс социализации молодежи. В этом плане огромное значение имеют информационно-коммуникативные эффекты социальных сетей, ставших новым и влиятельным социальным явлением. Бурное развитие социальных сетей демонстрирует необходимость анализа общества, прежде всего, в качестве системы социальных взаимодействий. Еще одно обстоятельство, показывающее значение Интернета для современного общества – вызывающие неоднозначную реакцию попытки органов власти установить четкий социальный контроль в данной среде. В этом плане актуальным является формирование у современного человека сетевой культуры и этики.

Наряду с другими особенностями развития общества, Интернет способствует изменению характера всех типов социальных отношений. Помимо роста числа «виртуальных» межличностных отношений, речь идет о создании систем дистанционного взаимодействия в социальном плане (электронные платежи, удаленная работа, электронные регистратуры и приемные и т.д.). Вместе с тем, постоянный рост уровня мобильности в обществе, например, в виде миграции, приводит к тому, что социальные отношения становятся все менее устойчивыми, а это в конечном итоге меняет сам характер социальных структур (групп, общностей, организаций) и делает их все менее предсказуемыми.

Еще более существенное значение имеет увеличение спектра ценностных ориентаций в современном обществе, что приводит к появлению новых субкультур, представители которых отвергают единые стандарты поведения и общие правила, зачастую выбирая социально неприемлемые способы самовыражения. Как следствие, происходит усиление внимания к меньшинствам в социальной практике, рост социальной напряженности и конфликтности, снижение возможностей государств по урегулированию возникающих противоречий. Большое значение для социально-культурного развития имеет и трансформация средств массовых коммуникаций, часть которых вносят немалый вклад в социальную конфликтность, формируя так называемый «язык вражды». Все это позволяет не только называть современный социум «обществом риска», но и выдвигает на первый план проблему социального прогнозирования происходящих изменений. При этом неизвестные ранее грани социального развития требуют того, чтобы наметить комплекс мер по наиболее безопасному для общества пути информатизации, противодействующему тенденции техногенной трансформации социума.

Вопрос о возможности применения нелинейной оценки тех или иных социальных изменений с учетом всех вероятных переходов накопленных количественных изменений в качественные все чаще поднимается исследователями, предпринимающими попытки разработки моделей экономического, социального и политического развития с использованием нейронных сетей [4; 5]. Помимо масштабной задачи создания искусственного интеллекта, взаимодействие нейрокомпьютерной парадигмы и общественных наук, синтез нейрокомпьютерных моделей с ведущими концепциями социальных и гуманитарных наук представляется необходимым для лучшего понимания особенностей развития современного общества и сущности человека в нем.

Однако при этом важнейшей проблемой является соотношение сложности человеческого мышления со сложностью компьютерных систем. Адекватное решение этой проблемы невозможно без когнитивных исследований и соответствующих технологий. Когнитивные технологии в последнее время привлекают к себе огромный интерес, особенно в рамках модели конвергенции технологий (NBIC-конвергенция). Добавление к этой модели социальных дисциплин позволяет говорить о новом явлении научного прогресса, способном определить основные направления развития всей человеческой цивилизации. Именно единство наук способно содействовать решению сложнейших проблем, стоящих перед обществом в настоящее время и в обозримой перспективе.

Литература

1. Бузгалин А.В. «Постиндустриальное общество» - тупиковая ветвь социального развития? // Вопросы философии. - 2002. - №5. - С.26-43.

2. Интернет в России: динамика проникновения. Зима 2013-2014 гг. Режим доступа – fom.ru/SMI-i-internet/11417.

3. Войскунский А.Е. Актуальные проблемы зависимости от Интернета // Психологический журнал, 2004. Т.25. №1. - С. 90-100.

4. Андреюк Д.С. Программы поведения и потоки информации: нейроэволюционный подход к оптимизации управления экономическими системами // Нейрокомпьютерная парадигма и общество. – М.: Изд-во МГУ, 2012. - С.272-287.

5. Ясницкий Л.Н., Черепанов Ф.М. Применение нейросетевых технологий в политологии // Нейрокомпьютерная парадигма и общество. – М.: Изд-во МГУ, 2012. - С.13-25.

Л.Л. Чекалов

РАЗЛИЧИЕ СПОСОБОВ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ И ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В БИОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

(ООО «Транс-Мобил Спедишн»)

Для понимания различий обработки информации (ОИ) и принятия решений (ПР) необходима модель сознания субъекта. Базовым принципом построения такой модели должен стать эволюционно-исторический подход, в противном случае следует отказаться от претензий на прогнозирование изменения сознания субъектов. Базовой проблемой создания модели является выбор понятий, позволяющих сделать достаточно адекватное описание текущего состояния сознания субъекта и его эволюционно-исторических изменений.

Понятие управления движением формы субъектом непосредственно связано с восприятием информации о текущей ситуации (ТС) как для своей формы (внутреннее пространство), так и вокруг неё (внешнее пространство), сравнением ТС с прошлым опытом субъекта (обработка информации (ОИ) или переход от физической информации к психической) и принятием решения (ПР) о движении своей формы в пространстве.

Субъекты (человек) имеют психофизиологические различия левого и правого полушарий мозга, что позволяет субъекту по-разному воспринимать действительность и накладывает особый отпечаток на обработку информации и принятие решений.

Функциональные особенности левого полушария (ЛП): ведает логическим мышлением, знаковым восприятием действительности, аналитическим расчленением целого на элементы. Функциональные особенности правого полушария (ПП): отвечает за образное мышление, за целостное восприятие объектов; позволяет одномоментно охватывать все имеющиеся в предмете связи [2].

У субъекта возможно смещение доминанты в обработке информации между левым и правым полушарием, и это приводит к различным вариантам ПР. Доминанта – сознательная или неосознанная задержка (концентрация) внимания на определенной части внешнего или внутреннего пространства субъекта.

Любую ситуацию, связанную с принятием решения (ПР), можно представить в пространстве – времени (рис. 1). Необходимые шаги принятия решения и управления:

– прошлый опыт (1-2);
– текущая ситуация (2);
– сравнение ТС с опытом (обработка информации) (2-3);
– принятие решения (3);
– управление движением в пространстве (3-4).

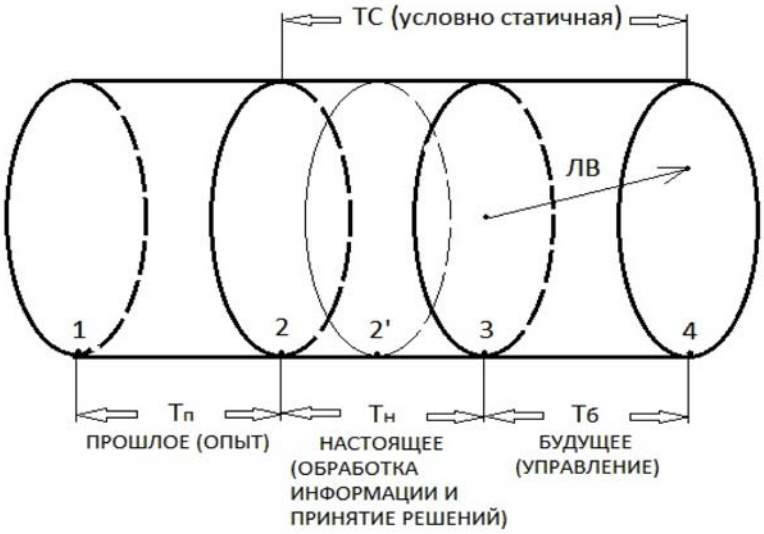


Рис. 1. Схема обработки информации, принятия решения и управления

Как будет выполнять эти шаги левое полушарие (дискретная обработка информации):

1) Прошлый опыт – дискретный, фрагментарный и алгоритмически взаимосвязанный, он ориентирован на ограниченное количество целей и поддается описанию знаковыми системами, вернее, он формируется в процессе обучения через знаковые системы.

Текущая ситуация – дискретизируется (или фрагментируется) алгоритмически (осознанно) по набору параметров в соответствии с целями прошлого опыта (время между точками 2-2' больше нуля). Точка 2' на рис. 1 характеризует окончание предварительного этапа обработки информации – дискретизация ТС. Изначально ТС непрерывна при отсутствии субъекта.

Обработка информации – дискретная ТС сравнивается алгоритмически (осознанно) с дискретным опытом (время между точками 2'-3 больше нуля).

Принимается решение – точка 3. Если необходимо, подтверждение истинности ПР в сознании до начала практической реализации происходит на основе алгоритма.

Управление. Практическая проверка истинности принятого решения и попытка его совмещения с целью.

У правого полушария схема будет несколько иная:

1) Прошлый опыт – непрерывно-дискретный, более целостный, менее фрагментарный.

2)3)4) Текущая ситуация – дискретизируется, сравнивается с опытом, так что решение принимается на основе ощущения (чувства). Все три действия проходят «одновременно» (нам так кажется), и подтверждение истинности ПР в соз-

нании проводится без участия алгоритма (неосознанно) на основе ощущения (чувства) «мгновенно» (время между точками 2-3 стремится к нулю в нашем осознании, а в реальности это всё те же 200-400 миллисекунд [3]).

5) Управление. Практическая проверка истинности принятого решения.

Нельзя сказать, что левое и правое полушария функционируют раздельно, наоборот, субъект никогда не может полностью отключить одно из полушарий, но в определенные промежутки времени при ПР доминирует то одно, то другое полушарие и, соответственно, превалирует либо дискретная обработка информации, либо непрерывная.

Информация проявляется для субъекта в виде двух предельных состояний – дискретного и непрерывного. Дискретность и непрерывность – это качественная и/или количественная неоднородность в пространстве и/или времени. По отношению к субъекту дискретность или непрерывность информации связана с его способностью различать эту неоднородность на физическом и/или психическом уровне, т.е. со свойствами его собственной неоднородности по отношению к пространственно-временной неоднородности воздействия. Отсюда, разная скорость показа фотокадров в одном случае будет восприниматься как слайд-шоу, а при увеличении скорости – как кино. Если пространственно-временная плотность поступающей через органы чувств информации выше возможности реакции органов чувств и скорости обработки информации субъектом (время, требуемое на осознание, понимаемое как переход информации с физического уровня на психический), то принимаемая информация будет непрерывной.

Интересен вопрос об объективности дискретной и непрерывной обработки информации и, соответственно, об объективности принятия решения. Объективность дискретной и непрерывной ОИ, ПР и УП в конечном счете подтверждается достижением с той или иной степенью точности поставленной цели управления. Но есть промежуточный этап – точка 2’, расположенная до начала практической реализации управления в точке 3, где реализуется алгоритмическая проверка возможности достижения поставленной цели (хотя она может проводится и параллельно с выделением цели в процессе ПР). Такая проверка, дополнительно, является способом интерсубъектного дискретного обмена для объяснения причин именно такого ПР и УП.

В случае с непрерывной обработкой информации это сделать невозможно до точки 3: ни алгоритмически вывести и проверить принятое решение, ни вступить в интерсубъектное общение, потому что переход от точки 2 к точке 3 происходит «мгновенно» и осознается для субъекта как результат обработки информации, а не её процесс. После точки 3 мы можем уже попытаться обосновать ПР и УП как для себя, так и для других, но к реальному процессу ОИ и ПР это не будет иметь никакого отношения. Но как само ПР при непрерывной ОИ, несмотря на это, всё равно претендует на истинность и по каким причинам?

Эволюционно основными задачами субъекта при развитии от животного к человеку было:

– ориентация во внешнем пространстве;

– управление движением своего внутреннего пространства для движения во внешнем пространстве;
– управление движением своего внутреннего пространства для изменения объектов внешнего пространства.

От истинности решений первых двух задач зависела жизнь субъекта в животной стадии эволюции. В человеческом этапе эволюции тело и способность на первой стадии онтогенеза обучаться решению первых двух задач досталась человеку от животного, и добавилась способность решать третью задачу. Настройка непрерывной обработки информации правого полушария на истинность – тоже результат естественного отбора. Если субъектом не объективно воспринимается внешняя ситуация, не корректно происходит управление телом, то либо субъект остается голодным и умирает, либо его просто съедают.

Отсюда непрерывная обработка информации, результат которой подтверждается только лишь ощущением, направлена на достижение истины. Если субъект, исходя из каких-то соображений, принимает неверное решение, то весь организм сигнализирует об этом – на этом основана, например, работа детектора лжи. Но сигналы организма не всегда осознаются при переводе с физического уровня информации на психический. Возможно, существуют устойчивые зоны мозга, в которых пересекаются обработка информации и управление внутренними органами, так что если сознательно нарушается истинная ОИ, то тут же нарушается неосознанное управление внутренними органами.

Таким образом, объективность работы сознания в части восприятия мира, обработки информации, принятия решений и управления телом – составная часть *эволюционного процесса* развития функций сознания. Человеку от природы достался инструмент, которым он пользуется в меру жизненной необходимости, не задумываясь о его возможностях и ресурсах.

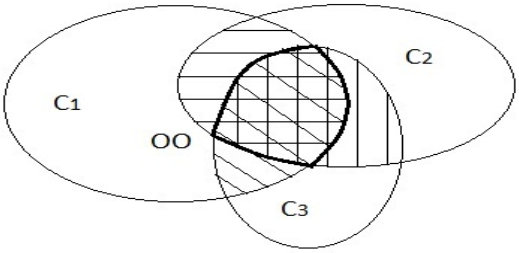


Рис. 2. Пересечение зон дискретного и непрерывного опыта трех субъектов

Отметим, дискретная составляющая опыта передается в любой знаковой форме, а непрерывная всегда остается достоянием самого субъекта. Взаимопонимание трех субъектов при общении, а оно возможно пока только на дискретном уровне, осуществляется только в зоне пересечения общего непрерывного и дискретного опыта ОО (рис. 2). На самом деле рис. 4 должен быть представлен в объёме, где большинство дискретных обозначений (знаков, слов, букв и т.п.) непрерывного опыта совпадают, а вот непрерывная часть (смыслы, значения) очень часто расходится в содержании у разных субъектов. Одним и тем же словом у различных субъектов может обозначаться различный непрерывный опыт.

Так появляется проблема «другого сознания» [4], где при совпадении дискретной составляющей может существенно различаться непрерывная часть.

Два способа принятия решения, с одной стороны, эволюционно взаимосвязаны, с другой стороны, на различных этапах эволюции преобладает (доминирует) среди основной массы субъектов только один из них.

В отношении любой технической системы верно, что обработка информации (сравнение текущей ситуации с опытом) производится только дискретным способом. Опыт технической системы – алгоритмы и данные – хранится в дискретной форме, и в дискретной форме происходит пошаговый процесс принятия решений.

В настоящий момент возможности (быстродействие и емкость памяти) вычислительной техники позволяют использовать сложные алгоритмы и большие массивы данных в реальном масштабе времени субъекта. В результате, если текущая ситуация дискретна (шахматы) или её удается привести адекватным образом к дискретному описанию (распознавание лиц), то мы видим, что информационные возможности технических систем приближаются к возможностям биологических систем и в некоторых случаях превышают их на узких направлениях конкретных задач.

Литература

1. Ярошевский М.Г. История психологии от античности до середины XX в. Учеб. пособие. М., 1996. 416 с.
2. Геодакян В.А. Homo sapiens на пути к асимметризации. Антропология на пороге III Тысячелетия. Москва, 2003. т.1. С. 170-201.
3. Анохин К.В. Что происходит в мозге, когда рождается мысль? Популярная механика №11(121), ноябрь 2012. С.66-67.
4. Дубровский Д.И. Проблема «другого сознания». Вопросы философии, 2008, №1. С.19-28.

П.И. Чубарь

ПО ТУ СТОРОНУ ИНФОРМАЦИИ

(Национальный исследовательский Томский государственный университет)

Стремительное развитие информационных технологий (IT) ведет к глобальному изменению формы самого мира культуры. Во второй половине XX в. IT набирают новую силу, что связано с возникновением сети Интернет в конце 60-х гг., разработкой микротехники в 70-80-х гг., развитием робототехники и мн. др. Многообразие технических инноваций меняет ориентиры развития социума, ценностные установки, трансформирует восприятие времени и пространства, формирует новое мировоззрение. IT закладывают основу нового общества, которое определяется по-разному: информационное, постиндустриальное, постмодернистское, общество знания, текучая современность и т.д. Увели-

чение занятости населения в информационной сфере и сфере услуг, переход в сетевое пространство связи и сообщения – дополнительные критерии определения общества нового типа.

Высокая ценность информации и знаний обуславливает роль и значение медиа, которые закрепляют и транслируют поток обработанных данных. По этой причине последний из провозглашенных поворотов в философии – медиальный (Medial turn). Суть этого события – признание за любым способом перцепции свойств медиальности, то есть опосредованности любого явления. Важным становится не само событие, а его презентация и создаваемое им дискурсивное поле. Так, медиареальность, будучи виртуальной, становится наиболее ощутимой и «реальной» в восприятии современного человека.

Причиной технического прогресса нередко называют стремление человека облегчить свою жизнь, избавиться от рутинной работы и расширить свои возможности как физические, так и умственные. М. Маклюэн говорил, что медиа являются расширением или продолжением нервной системы [1, С. 94]. Однако с техническим расширениями связано желание человека скрыть, сделать невидимой эту искусственную чувственность. Компьютеры, роботы, гаджеты и всевозможные механизмы уменьшаются в своих размерах, учитывая эргометрические особенности человека, оптимизируются и даже «развивают» толерантность к ошибкам оператора.

Сегодня в культуре заложено стремление мыслить машинами, что проявляется во внедрение новых информационных технологий и систем искусственного интеллекта в различные сферы человеческой деятельности. Промышленность и экономика, организационное управление, медицина, образование, массовая коммуникация, сфера досуга и развлечений – основные пространства применения сил и возможностей автоматизированных систем. Это вызвано в первую очередь тем, что уследить за постоянно растущим объемом информации под силу только машине. В мире, где информация стала главным ресурсом, мониторинг, сбор и анализ данных – основная работа, которая была перепоручена специальным техническим устройствам с соответствующим программным обеспечением. Целенаправленное движение в современном потоке данных, фактов и мнений возможно лишь при помощи определенных технологий поиска, поэтому разработка совершенной поисковой системы становится приоритетной задачей развития IT.

С 2010 г. журналисты, медиаэксперты и широкая общественность активно обсуждали появление в медиапространстве одноименной компании Narrative Science (от англ. «рассказывающая наука») и их технологии. Это один из ярких примеров расширения возможностей при работе с неохватным горизонтом информации в максимально короткие сроки и с высокой степенью точности. Новая технология под названием Quill (от англ. «перо») позволяет генерировать статьи без участия человека. Возможно не только за секунды анализировать контент, например, социальных сетей, но и моментально создавать статьи по индивидуальному запросу. Один из девизов компании звучит так: «Преодолеть разрыв между числами и знаниями» [3]. Разработчики этой технологии предла-

гают получить цифровой продукт в максимально понятной и выразительной форме, в форме истории (Storytelling), не тратя время на анализ таблиц, интерпретацию визуального материала и пр.

Первое свое применение этот искусственный интеллект получил при создании новостной статьи о результатах спортивного матча, что вызвало беспокойство со стороны журналистов, которые увидели в новой технологии сильного конкурента. В 2012 г. Евгений Морозов, известный белорусско-американский исследователь IT, написал статью с говорящим названием «Робот украл мою Пулитцеровскую премию» [4]. Морозов критически переосмыслил последствия персонализации информации, когда при заданных поисковых параметрах выдается не ряд ссылок на источники, а целостный текст с учетом индивидуальных предпочтений и пристрастий человека. Постепенно значение технологии Quill было оценено общественностью как мощный инструмент не только для создания новостных статей различных тематик (помощник редактора), но и как эффективное средство работы с информацией в целом. Само же появление Quill в медиабизнесе явилось стимулом самосовершенствования журналистов и повышения качества их текстов.

В настоящее время Narrative Science применяет свой алгоритм в трех основных сферах: финансовые услуги, маркетинг&реклама и научно-исследовательские&информационные услуги. Более того, компания тесно сотрудничает с журналом Forbes, для которого с 2011 г. ведет отельную колонку прогнозирования экономического развития, и с компанией Google по направлению веб-аналитики (Google Analytics). Приложение Quill Engage позволяет автоматически анализировать и преобразовывать данные статистики посетителей веб-сайтов из графиков, диаграмм и таблиц в простые для понимания тексты.

Разработки Narrative Science – это лишь один из примеров успешной компьютеризации мышления и естественного языка. Последние десятилетия отмечены тенденцией, когда не специалист подстраивается под особенности работы компьютера, а сам искусственный интеллект приближается к пониманию естественного языка. Развитие систем искусственного интеллекта показывает, что техника достаточно близко приближается к человеку, однако она все еще не может от него отделиться и продолжает работать по заданным алгоритмам. Несмотря на то, что эти технологии значительно усложняются и несравненно превосходят способности их создателей, результат работы машин в большей мере остается предопределенным.

В основе создания систем искусственного интеллекта можно увидеть извечное стремление человечества определить собственную идентичность. Расширение возможностей человека осуществляется через создание себе подобного – машины, которая бы могла не просто обрабатывать информацию, но могла бы думать и даже желать. Самоидентификация культурная и, шире, онтологическая происходит через фигуру Другого в процессе диалога. Однако, в результате процесса глобализации, интеграции мирового сообщества сетевым способом образ Другого растворяется. Все становится познанным: захваченным, изу-

ченным и систематизированным. В поисках нового объекта человечество стремится сделать искусственную природу самодостаточной и автономной.

Со второй половины XX в. кардинально меняется и способ взаимодействия в обществе, и способ самого существование в мире. Определяющей деятельностью человека становится работа с информацией. Быть воспринимаемым и воспринимать самому сегодня позволяют медиасредства, которые обеспечивают телекоммуникацию и соединяют все общество. Пребывание (равно существование) человека в потоке информации возможно только с помощью информационных технологий. Во 2-ом десятилетии XXI в. технологии выходят на такой уровень, что они приближаются естественному языку, чем делают пребывание человека в информационном поле более мобильным, эффективным и комфортабельным.

Литература

1. Маклюэн М. Понимание Медиа: Внешние расширения человека / Пер. с англ. В. Николаева; Закл. ст. М. Вавилова. – М.; Жуковский: «КАНОН-пресс-Ц», «Кучково поле», 2003. – 464 с.

2. Искусственный разум [Электронный ресурс] // LENTA.RU. – 2012. – Режим доступа: http://lenta.ru/articles/2012/05/18/robot/ (дата обращения: 10.05.2014).

3. Why narratives [Электронный ресурс] // Narrative Science. – 2010. – Режим доступа: http://narrativescience.com/why-narratives/ (дата обращения: 3.05.2014).

4. Evgeny Morozov. A Robot Stole My Pulitzer! [Электронный ресурс] // Slate. – 2012. – Режим доступа: http://www.slate.com/articles/technology/future_tense/2012/03/narrative_science_robot_journalists_customized_news_and_the_danger_to_civil_discourse_.2.html# (дата обращения: 6.05.2014).

Н.А. Ястреб

ПОДХОДЫ К ПОНИМАНИЮ СОЦИАЛЬНЫХ АСПЕКТОВ ПРОГРАММ NBIC-КОНВЕРГЕНЦИИ[1]

(Вологодский государственный педагогический университет)

Одной из наиболее значимых тенденций в науке конца XX в. стало возникновение междисциплинарных и трансдисциплинарных подходов, направлений исследований и научных областей. В 2001 г. М. Роко и У. Бейнбридж обозначили, что подобные тенденции существуют также и в области технического познания, причем носят фундаментальный характер и могут привести к суще-

1 Работа выполнена при поддержке гранта Президента Российской Федерации, проект № МК-1739.2014.6 «Человек в технической среде: конвергентные технологии, глобальные сети, Интернет вещей»

ственной трансформации не только сферы технологий, но и общества в целом. Проявляются они в сближении, схождении ряда технологий, задающий на данный момент вектор развития технологической сферы. Явление, получившее название NBIC-конвергенции, базируется на предметно-методологической интеграции нано-, био-, информационных и когнитивных технологий. По мнению авторов, эпоха локальной интеграции, имевшей место в XX в., прошла, конвергенция становится глобальной, детерминирует технологическое, научное и социальное развитие современного общества. Позднее в структуру конвергентных технологий были добавлены социальные технологии, в связи с этим, в настоящее время в литературе наиболее широко используется формулировка «НБИКС-конвергенция». Глобальная конвергенция подразумевает интеграцию системы технологий, дающих возможность взаимодействовать с природными и социальными системами, начиная с атомно-молекулярного уровня, вплоть до общества в целом.

Роко рассматривает интегративные и дезинтегративные процессы как свойственные науке на всех этапах ее развития, он утверждает, что «существует продольный процесс конвергенции и дивергенции в основных области науки и техники» (2, с. 11). Так, конвергенция в науке на макроуровне была характерна для эпохи Возрождения, на смену ей пришла дифференциация в научного и технического знания в XVIII – XIX вв. Следующую волну конвергенции он связывает с открытием элементарных частиц и введением метода моделирования в научное познание. Дифференциацию в XX в. олицетворяет разделение аналоговых и цифровых вычислительных платформ. В 2000-е годы основой для конвергенции технологий служит принцип единства мира в наномасштабе и тотальное внедрение информационных технологий. Стало понятно, что «типичные явления в материальных наноструктурах можно измерить и понять с помощью нового набора инструментов, которые, в свою очередь, рассматривается как основа биологических систем, наноинженерии и коммуникации» (2, с. 11).

Единство мира в наномасштабе выступает методологическим базисом для построения новых способов конструирования, архитектуры, инженерии, при которых молекулы будет использоваться в качестве устройства. Основные задачи данного направления состоят в разработке методов атомарного конструирования молекулярных и сверхмолекулярных систем; контроля взаимодействия света и материи в отношении процессов передачи энергии; использования наносистем для обеспечения оптимального функционирования биологических систем, в т.ч. для улучшения здоровья человека; создания человеко-машинных интерфейсов новых поколений.

Конвергентные процессы в технологической сфере уже в первой четверти XX в. могут привести к существенным социальным трансформациям. Это связано с тем, что в каждой из обозначенных программой НБИКС-конвергенции технологий прогнозируются качественные скачки, такие как молекулярная медицина, разумное окружение, дополненная реальность, умная среда и др.

В социальной сфере в рамках американской программы НБИК-конверегенции был обозначен ряд ключевых направлений, среди которых

«расширение человеческого познания и коммуникации, повышение человеческого потенциала здоровья, внедрение социальных инноваций, в том числе новых продуктов и услуг, изменение общественных отношений, изменения модели для бизнеса и организаций, национальная безопасность и объединение науки и образования» (2, с. 15). Основной проблемой при этом считается возможная нестабильность в развитии человека, связанная с активным внедрением технологий в тело человека и непосредственно окружающую его среду. Программы «human improvement», построенные на трансгуманистических идеях преобразования человека, усиления его психических, физических и физиологических возможностей, могут привести к неконтролируемым последствиям. С другой стороны, современные технологические инновации трансформируют социальные отношения и могут вызвать непрогнозируемые изменения, повысить социальные риски, изменить систему ценностей и этических принципов.

В связи с этим, в рамках американской (2) и особенно европейской (1) программ НБИКС-конвергенции задача гуманитарной экспертизы технологий рассматривается как системообразующая, активно осуществляются философские, культурологические и социологические исследования в рамках разработки дорожных карт, форсайтов, оценки готовности общества к принятию технологии и тех социальных трансформаций, которые она может вызвать.

Одной из важнейших социальных новаций на современном этапе авторы программы называют сокращение обычной задержки между развитием технологий и реакцией общества на них. Если еще во второй половине XX в. говорилось о быстром развитии технологий, в том числе информационных, и о запаздывании готовности людей и общества в целом к их использованию, то современное общество становится более адаптивным, отзывчивым к инновациям. В то же время, крупные технологические проекты предполагают предварительное исследование общественных потребностей, а, в отдельных случаях, целенаправленную подготовку целевой аудитории к выходу технологии на рынок.

Таким образом, конвергенция технологий поставила в качестве основной задачи улучшение качества жизни человека через создание оптимальной окружающей среды и усиление возможностей его тела и разума, что определило не только направленность роста технологий, но и необходимость обязательного прогнозирования социальных и гуманитарных изменений, вызываемых внедрением инноваций.

Литература

1. Forman P. The primacy of Science in modernity, of technology in postmodernity and of ideology in the history of technology // History and Technology, 2007. – N°1/2. – P. 1 – 152.

2. Roco M. The emergence and policy implications of converging technologies // Managing nano-bio-info-cogno: converging technologies in society. National Science and Technology Council's Subcommittee on Nanoscale Science, Engineering, and Technology, 2005. P. 9 – 23.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СООБЩЕНИЯ

Гаврик П.В., Гаврик А.В.

ДРОБНЫЙ ПИД-РЕГУЛЯТОР В СИСТЕМЕ РЕГУЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ В БАРАБАНЕ КОТЛА

(Пензенский государственный университет)

Авторами рассмотрена реализация дробного ПИД-регулятора для системы автоматического регулирования уровня в барабане котла. Произведено сравнение нескольких типов регуляторов и дано обоснование применения ПИД-регуляторов дробного порядка, для обеспечения качества регулирования параметров технологического процесса на примере уровня в барабане котла. Получены структурированные математические модели в пространстве передаточных функций для ПИД-регулятора дробного порядка.

Рост применения дробного исчисления стал наблюдаться в последнем десятилетии прошедшего двадцатого века. Он был стимулирован в основном использованием инженерных приложений в таких областях, как управление с обратной связью, теория систем и обработка сигналов [1]. В теории управления феномен дробного исчисления позволяет описывать реальный объект более точно, чем классические «целочисленные» методы. Ранее использование только целочисленных моделей было обусловлено отсутствием эффективных методов решения дробных дифференциальных уравнений [2]. Развитие современных систем автоматики дает возможность применения более сложных алгоритмов регулирования для организации оптимального управления.

В настоящее время теория дробных операторов находит все большее применение в теории управления и других предметных областях. Микро- и нанотехнологии позволяют создавать технические элементы, которые физически реализуют дробные интегральные и дифференциальные операторы. Для систем автоматического управления предложена методика проектирования ПИД регуляторов дробного порядка. Применение в системах управления электроприводами ПИД-регуляторов, реализующих дробномерные законы управления, позволяет снизить перерегулирование, увеличить быстродействие и повысить запас устойчивости по сравнению с аналогичными системами, реализующими классические законы управления.

Техническая реализация таких производных и интегралов может осуществляться несколькими способами: на основании аппроксимационных зависимостей Грюнвальда, с использованием цепных дробей и путем применения преобразования Фурье. Известным способом поддержания стабильности требуемых параметров является применение регуляторов в составе автоматизированных

систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) на базе пропорционально-интегрально-дифференциального (ПИД) закона.

Исчисления дробного порядка являются обобщением обычного интегрирования и дифференцирования к оператору нецелочисленного прядка ${}_aD^a t$, где a и t - пределы операции, a - дробный порядок. Непрерывный оператор интегрирования и дифференцирования дробного порядка определяется следующим образом:

$$ {}_aD^a t = \begin{cases} \dfrac{d^a}{dt^a} & \Re(a) > 0 \\ 1 & \Re(a) = 0 \\ \int\limits_t^a (dt)^{-a} & \Re(a) < 0 \end{cases} $$

где $a \in \Re$, a также может быть комплексным числом.

Исчисления дробного порядка являются обобщением обычного интегрирования и дифференцирования.

ПИД-регулятор дробного порядка был предложен как обобщение ПИД-регулятора с интегратором вещественного целого порядка λ и дифференциатором вещественного целого порядка δ. Передаточная функция такого регулятора в плоскости комплексной частоты p имеет вид [3]:

$$ W(p) = \frac{U(p)}{E(p)} = K_p + Ti \cdot p^{-\lambda} + Td \cdot p^{\delta}, $$

где K_p - константа пропорциональности;

Ti - константа интегрирования;

Td - константа дифференцирования.

В предложенном докладе представлен метод идентификации систем дробного порядка и настройки, дробных ПИД регуляторов. Метод основан на применении программного пакета Fomcon. Главным объектом анализа при использовании данного инструмента является передаточная функция дробного порядка [4].

Авторами проведена идентификация системы дробного порядка, произведена оценка устойчивости, а также выполнена настройка дробного ПИД регулятора. В среде Matlab исследованы системы дробного порядка, построены модели цифрового дробного и аналогового ПИД регуляторов. Идентификация экспериментального управляемого объекта проводилась с помощью трендов – набора данных. Проведен анализ устойчивости модели дробного порядка во временной и частотной областях.

С помощью Simulink и программного пакета Fomcon была реализована модель системы и получены оптимальные параметры регулятора дробного порядка.

Основное преимущество регуляторов дробного порядка – возможность преодолеть противоречие между быстродействием и перерегулированием.

Литература

1. Podlubny I.: Fractional Differential Equations. Academic Press, San Diego, 1999.
2. Авсиевич В.А. Моделирование систем автоматического управления с дробным ПИД-регулятором [Текст] // А.В. Авсиевич, В.В. Авсиевич - Автоматика и IT в энергетике. – 2010 №6 – с. 12 – 14
3. Ivo Petras, Lubomir Dorcak, Imrich Kostial. Control quality enhancement by fractional order controllers Acta Montanistica Slovaca Rocnik 3 (1998)
4. Евсеев В. Управление нелинейной системой на основе методов дробного исчисления. – 2013.

М.Н. Елунин

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОРГАНИЗАЦИИ, МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ КОЛЛЕКТИВНОЙ НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ СТУДЕНТОВ В ВУЗЕ

(Самарский государственный архитектурно-строительный университет)

В докладе рассматривается информационная система, позволяющая централизованно вести работу в научных группах, разрабатываемая на базе факультета информационных систем и технологий Самарского государственного архитектурно-строительного университета. Система использует возможности социальных сетей для общения внутри групп, позволяет оценивать эффективность работы научных групп и координировать ее действия на протяжении семестра. Использование информационной системы внедрено непосредственно в учебный процесс факультета, что позволяет проводить еженедельные встречи студенческих научных «микроколлективов» в стенах университета, а преподавателям и руководителям групп вести мониторинг успеваемости научных групп. Однако, благодаря Интернет-доступности информационная система не огранена еженедельными «оффлайн» встречами участников групп. В ее функции входит возможность проводить «онлайн» семинары, на которых участники научных групп обсуждают текущие вопросы в режиме «интернет-чата», и в последствии протоколируют результаты семинара. Таким образом ведется непрерывная успешная работа во всех научных группах факультета, результатом, которой является доклады ее участников в конце семестра, и оценки ее эффективности на основе данных информационной системы.

Информационная система является интернет доступной. Система адаптирована под следующий список ролей, входящих в исследовательскую группу:

– Координатор научных групп;
– Руководитель научной группы;
– Член научной группы.

На основе ролей построен уровень предоставления доступа к ресурсам подсистемы.

Основным звеном иерархии в процессе исследовательской деятельности являются студенты, обладающие правами «члена научной группы». На протяжении обучения каждый семестр студент является руководимым (подшефным) или руководит одним из студентов младших курсов (шеф). Именно из таких звеньев формируется научная группа на семестр. В тоже время подшефный может и не входить в научную группу имея на семестр тематику работы не связанную с работой группы.

Информационная система использует в своем арсенале наиболее эффективные инструменты социальных сетей, такие как профиль группы ее «стена», почтовые уведомления, объявления и др. Это позволяет построить внутри научного коллектива централизованное интернет-общение.

При открытии приложения, каждый пользователь попадает в так называемый «Холл», где представлены списки всех групп на семестр. На данной странице можно посмотреть информацию о названии группы, тематике ее работы, руководителе, активности группы, в виде количественных оценок посещаемости и социальных активностей, таких как объявления, сообщения и семинары, оставленные на стене внутри научной группы. Руководитель каждую неделю или чаще может создавать объявления, которые транслируются на главную страницу «Холла». В системе предусмотрены счетчики посещаемости разделов. Список счетчиков постоянно дополняется. Данный функционал предназначен для руководителей и координатора научных групп, с помощью которых они могут отслеживать активность внутри группы и в системе в целом.

В системе предусмотрены почтовые уведомления при добавлении сообщений, объявлений и семинаров на стену. Уведомления участникам группы приходят также при редактировании руководителем плана научной группы на семестр. В системе предусмотрена страница настроек почтовых уведомлений. Для расширения возможностей системы планируется реализовать функционал смс уведомлений.

Для роли «Координатор научных групп» в системе предусмотрен онлайн кабинет, из которого он может наблюдать за ходом выполнения работ в научных группах и получать информацию об активностях в группе (семинары, объявления, сообщения на «стене» группы и др.). В начале семестра в системе необходимо выполнить назначение роли «Координатор научных групп». Это может выполнить только администратор системы. После этого координатор научных групп в начале семестра должен составить список контрольных точек, и внести их в систему заблаговременно. Затем, после формирования научных групп, их руководители должны составить план работ на семестр, опираясь, на который координатор научных групп будет оценивать промежуточную (в виде контрольных точек и конечную результативность научных групп. На странице управления группами для координатора научных групп представлен следующий функционал:

1. Планы научных групп (страница на которой представлена актуальная информацию хода выполнения работ в научной группе по ранее описанному плану).
2. Управление контрольными точками на семестр (страница редактирования набора контрольных точек на семестр).
3. Оценка контрольных точек на семестр (страница где координатор научных групп выставляет оценки по контрольным точкам каждой группе)

Как описывалось ранее в рамках матричной структуры, студент входит не только в научную группу, но и в привычную всем нам студенческую группу, где он на протяжении всего обучения вовлечен в сквозной курс «Технология научных исследований». Оценка по данной дисциплине складывается из оценки его индивидуальной работы и общей оценки работы его научной группы умноженной на коэффициент его участия. Коэффициент участия каждого участника группы обязаны установить руководители групп, после оценки контрольных точек координатором. Таким образом каждый член научной группы плодотворно работая над индивидуальной научной работой вносит вклад в результаты научной группы. А также отлично работая в научной группе он может рассчитывать на отличную оценку в семестре по предмету «Технология научных исследований».

Для обратной связи с пользователями информационной системы был создан модуль «Опросы», через который в конце и начале семестра, координатор научных групп получает анонимные сведения о работе научных групп. Данные сведения полезны при улучшении работы информационно системы, а также работы информационной технологии в целом.

Информационная система разработана на технологии ASP.NET MVC 3 [4], с использованием в качестве базы данных Microsoft SQL Server 2008 r2. Регистрация новых пользователей и новых научных групп осуществляется администратором системы каждый семестр.

Система успешно внедрена на факультете информационных систем и технологий Самарского государственного архитектурно-строительного университета. В течение последних двух лет через эту систему руководителями научных групп были проведены 51 дистанционных семинара, каждый из которых заканчивался конкретными решениями, размещенными в кабинете соответствующей научной группы. 83 процента студентов «положительно» оценила качество дистанционных семинаров (в 5 и более баллов по 10-балльной шкале). При этом 65 процентов студентов также положительно оценили организованную руководителем научной группы коллективную работу на протяжении семестра. В отношении оценки студентами степени полезности использования ИС для организации научной деятельности в научном микроколлективе несколько более половины (58 процентов) оценивала эту полезность на 5 и более баллов по 10-балльной шкале, остальные высказали замечания и предложения по развитию системы.

Литература

1. Пиявский С.А. Реализация компетентностной парадигмы в вузе, Высшее образование в России, №1, 2010 – с.3-12
2. Пиявский С.А. Инновационный вуз в инфокоммуникационной среде, «Экономика. Налоги. Право», №5, 2010 – с. 78 – 82
3. Пиявский С.А. Исследовательская деятельность студентов в инновационном вузе: учебник; СГАСУ. – Самара: 2011 -198 с.
4. Целых А.Н., Бобровский Д.И., Котов Э.М. Комплексная автоматизация управления вузом на основе АСУ «Университет». Учебно-методическое пособие. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2009. – 126 с.
5. Информационные технологии для современного университета, под ред. А.Н. Тихонова, А.Д. Иванникова, ОАО «Московская типография №2», 2011.
6. Китова О.В., Абдикеев Н.М, Корпоративные информационные системы управления, учебник, ИНФРА-М, 2010.
7. Информационные системы в науке, образовании и бизнесе / Учебное пособие / О.В. Ефремов, П.С. Беляев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2006. – 124 с. – ISBN 5-8265-0506-0.
8. Адам Фримен, Стивен Сандерсон, ASP.NET MVC 3 Framework с примерами на C# 2010 для профессионалов, ВИЛЬЯМС, 2012

С.Х. Ле

УНИВЕРСАЛЬНАЯ ПРОГРАММА ТЯГОВО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ ДЛЯ МЕТРОПОЛИТЕНА ПОСТОЯННОГО ТОКА С РАЗЛИЧНЫМИ СИСТЕМАМИ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

(Национальный исследовательский университет
«Моский энергетический институт»)

При достигнутом уровне развития всех видов городского пассажирского транспорта только метрополитены в сочетании с наземными электропоездами способы решить транспортные проблемы крупных городов. Об этом свидельствует опыт создания в многих городах единых транспортных систем "метрополитен – наземные электропоезда". В этих системах главную роль играют метрополитены. В частности, на сегодняшний день доля Московского метрополитена в перевозке пассажиров среди предприятий городского пассажирского транспорта столицы составляет почти 60%.

Технико-экономические показатели работы метрополитенов в решающей степени определяются эксплуатационными качествами используемых в них электропоездов (ЭПМ), которые, в свою очередь, определяются соответствующими показателями (стоимость изготовления, затраты на ремонты и обслуживание, срок службы, удельный расход энергии и надёжность работы...) исполь-

зованной на них системы тягового электропривода (ТЭП), что и определяет актуальность и значимость обоснованного его выбора.

Правильный выбор параметров ТЭП только после проведения тягово-энергетических расчетов (ТЭР). К ним относятся

– Расчет и построение пуско-тормозной диаграммы
– Расчёт и построение кривых движения для заданных условий
– Определение расхода энергии на движение поезда.

Программа разработана в среде Mathcad с использованием элементов программирования применительно к метрополитена постоянного тока с различными системами ТЭП. При помощи этой программы возможно осуществить моделирование движения заданного типа ЭПМ при его заданной системе ТЭП, при заданных внешних и внутренних параметрах его работы и при заданных условиях движения.

К основным параметрам ЭПМ относятся его вес (масса), как полный, так и сцепной, общее число тяговых машин (ТМ), максимальная скорость движения.

К основным параметрам системы ТЭП относятся: тип ТМ с обмоточными данными и нагрузочной характеристикой, передаточное число редуктора, диаметр движущего колеса, схемы соединения ТМ, число и номиналы ступеней сопротивлений пускового реостата, число и номиналы ступеней ОП, наличие того или иного типа электрического тормоза (рекуперативного, реостатного или обоих сразу), число и номиналы ступеней тормозного (балластного) реостата.

К основным внешним параметрам относятся напряжение в контактной сети (КС) как в режиме тяги, так и в режиме рекуперативного торможения.

К основным внутренним параметрам относятся ток уставки якоря ТМ как в режиме тяги, так и в режиме электрического торможения, а также максимальный ток возбуждения.

С помощью указанной программы построили тяговую и тормозную характеристику, оптимальную кривую движения вагона метро с ТЭП постоянного тока (ПТ) последовательного возбуждения (ПТ ПВ) на перегоне L=1700 м; скорость сообщения Vсообщ=43 км/ч).

Входные данные программы для расчета в среде Mathcad

Номер участка: $N_{уч} :=$ ▪

Длинна участка (м): $L_{уч} :=$ ▪

Время движения по участку (с): $T_{уч} :=$ ▪

Средняя величина уклона при движении по участку: $p :=$ ▪

Максимальная (конструкциональная) скорость движения (км/ч): $V_{макс} :=$ ▪

Масса тары моторного вагона (т): $M_{мвтара} :=$ ▪

Масса тары прицепного вагона (т): $M_{пвтара} :=$ ▪

Масса тары головного вагона (т): $M_{гвтара} :=$ ▪

Количество пассажиров: $K_{пасс} :=$ ▪

Количество мест для сидения в прицепном вагоне: $K_{пв} :=$ ▪

Средняя масса одного пассажира (т): $M_{чел} :=$ ▪

Масса всего электропоезда с пассажирами (т): $M_{эп} :=$ ▪

Число тяговых машин (ТМ) всего электропоезда: $n_{тм} :=$ ▪

Передаточное число редуктора: $\mu :=$ ▪

Диаметр колеса (м): $D :=$ ▪

КПД зубчатой передачи: $\eta_{зуб} :=$ ▪

Напряжение контактной сети в режиме тяги (В): $U_{кст} :=$ ▪

Напряжение контактной сети в режиме рекуперативного торможения (В): $U_{кср} :=$ ▪

Уставка тока якоря в режиме тяги (А): $I_{яуп} :=$ ▪

Уставка тока якоря в режиме реостатного и рекуперативного торможения (А): $I_{яут} :=$ ▪

Максимальный ток возбуждения в режиме реостатного и рекуперативного торможения (А): $I_{вmax} :=$ ▪

Мощность на валу (кВт): $P_{в} :=$ ▪

Частота вращения (об/мин): $n :=$ ▪

Максимальная частота вращения (об/мин): $n_{max} :=$ ▪

Среднее время задержки реостатного контроллера при последовательном соединении ТМ (с): $\Delta t_{зс} :=$ ▪

Среднее время задержки реостатного контроллера при параллельном соединении ТМ (с): $\Delta t_{зп} :=$ ▪

Коэффициент ослабления поля: $\beta :=$ ▪

Сопротивление обмотки возбуждения ТМ (Ом): $R_{ов} :=$ ▪

Сопротивление обмотки якоря ТМ (Ом): $R_{я} :=$ ▪

Сопротивление обмотки дополнительных полюсов ТМ (Ом): $R_{дп} :=$ ▪

Сопротивление индуктивного шунта в расчете на одну ТМ (Ом): $R_{шна1тм} :=$ ▪

Коэффициент пропорциональности между $I_{я}$ и $I_{в}$: $k :=$ ▪

КПД тягового привода: $\eta :=$ ▪

КПД преобразователя: $\eta_{пр} :=$ ▪

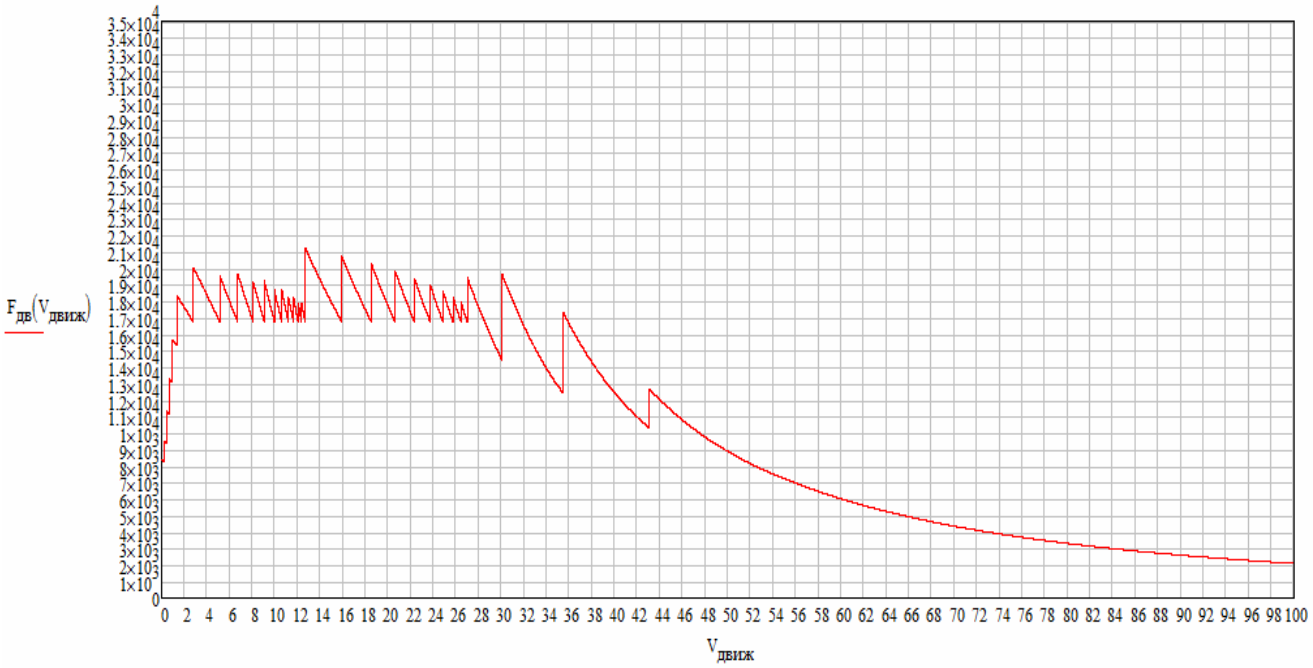


Рис. 1. Тяговая характеристика вагона метро с ТЭП ПТ ПВ

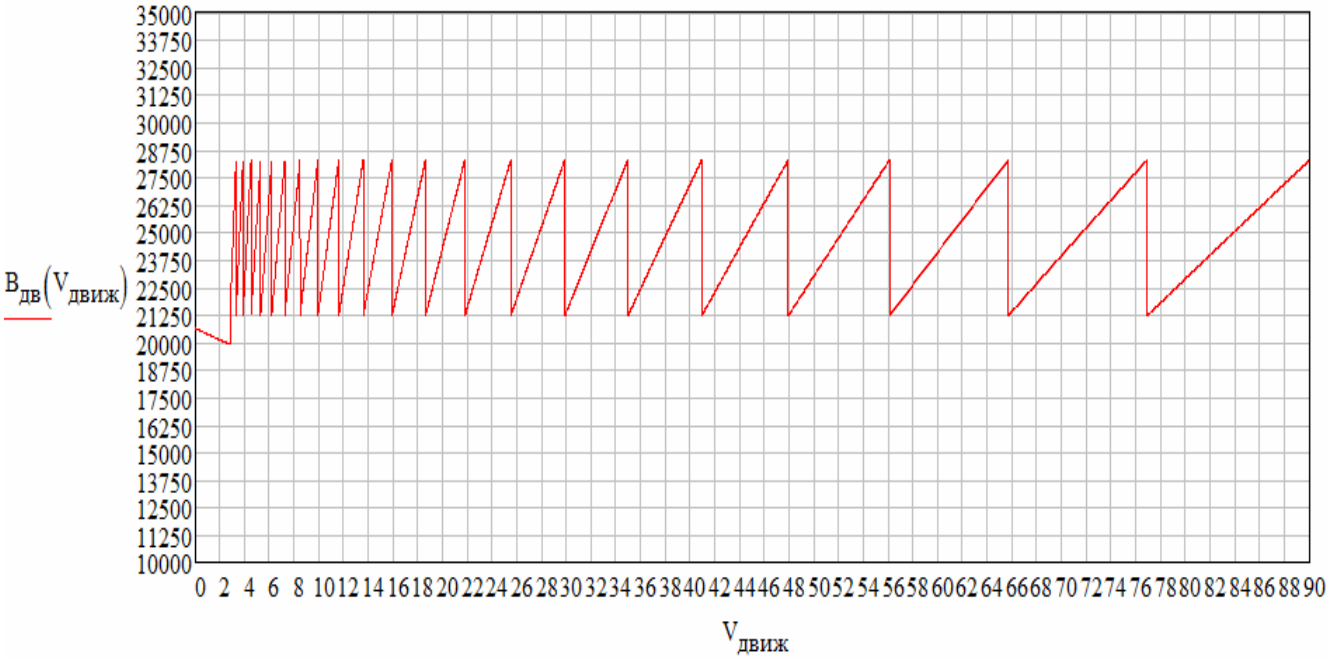


Рис. 2. Тормозная характеристика вагона метро с ТЭП ПТ ПВ

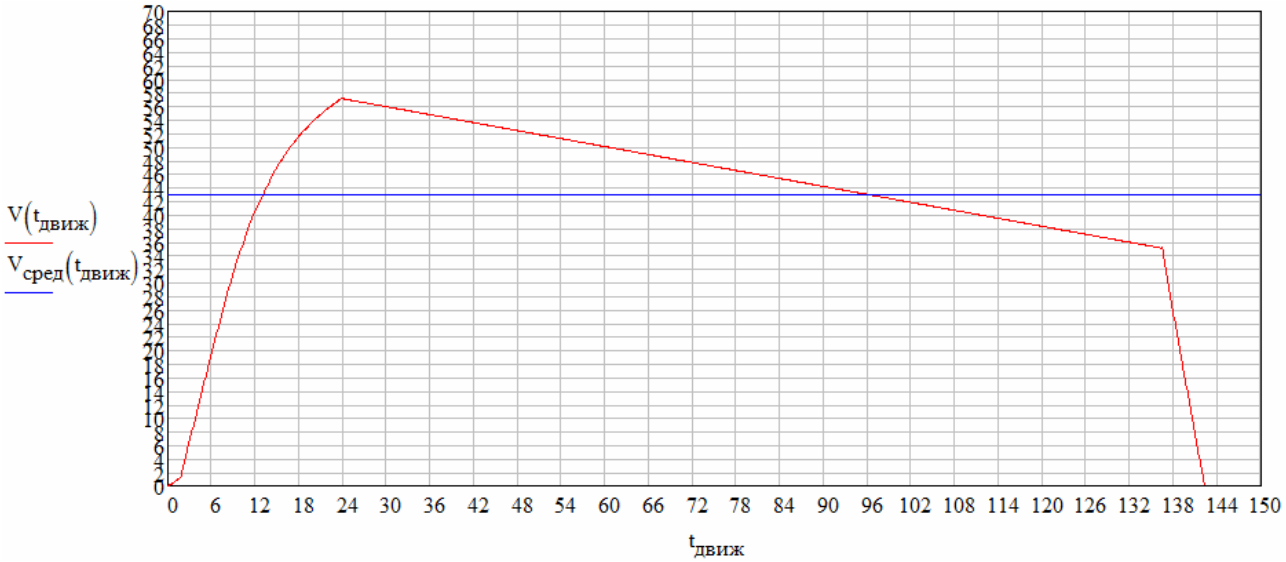


Рис. 3. Оптимальная кривая движения вагона метро с ТЭП ПТ ПВ

Вывод: Данная универсальная программа может быть использована также и для осуществления исследований в области ТЭП с выполнением ТЭР и для других типов электроподвижного состава как железнодорожного, так и городского электрического транспорта, например, электровозов постоянного тока, электропоездов постоянного тока, трамвайных вагонов.

Литература

1. Барыева Л.С., Прокопович А.В. Тяговые расчеты подвижного состава : Учебное пособие. М. : Изд. МЭИ, 1997. – 86 с.
2. Гарбузюк В.С. Совершенствование энергосберегающей системы тягового привода электропоезда постоянного тока. Дисс. ... канд. техн. наук. – М., 2010.

СОДЕРЖАНИЕ

Автоматизированные системы научных исследований

Prokhorov S.A., Kulikovskikh I.M., Tselishev D.V. Solving recurrences for Laguerre functions to provide scientific computing in mobile technologies.....3
Антонов Ю.Н. Применение математического моделирования при решении проблемы лазерной подгонки.....7
Антропов П.Г., Долинина О.Н., Шварц А.Ю. Способ диагностики неисправностей газоперекачивающих агрегатов с использованием гибридных интеллектуальных систем.....11
Вилоп Л.Э. Определение предельных значений дополнительных погрешностей типовых функциональных узлов измерительного канала.....20
Заико А.И. Алгоритмы измерений моментов эргодических случайных процессов.....22
Заико А.И. Алгоритмы измерений распределений эргодических случайных процессов.....28
Замалютдинов А.И., Габдрахманова Л.Р. Анализ изображений фотонного кристалла, полученного Золь-Гель методом.....37
Замалютдинов А.И., Габдрахманова Л.Р. Моделирование распространения электромагнитных волн в фотонном кристалле.....38
Замалютдинов А.И., Габдрахманова Л.Р. Оптимизация параметров фотонно-кристаллического волновода с использованием генетического алгоритма.....40
Замалютдинов А.И., Габдрахманова Л.Р. Эллипсометрическое исследование пленок наноструктурированной двуокиси кремния, полученных Золь-Гель методом.....42
Заякин О.А. Метод триангуляции, вывод функции преобразования на основе матричной оптики.....44
Кильметов Э.А. Телеметрическая магнитометрическая система контроля и регистрации параметров геомагнитных возмущений.....48
Лёзин И.А., Авдиенко А.А. Решение задачи классификации и многокритериального поиска при импорте больших массивов данных.....51
Лёзин И.А., Кирьяков С.А. Морфинг растровых изображений.....52
Лезина И.В., Заворотков А.Ю. Аппроксимация плотности вероятности нейронной сетью Вольтерри.....54
Лезина И.В., Мазаев А.В. Автоматизированная система распознавания печатных символов нейронной сетью Хопфилда.....58
Лезина И.В., Хасанов Д.А. Классификация задач документооборота с применением радиально-базисной сети.....61

Муравьёв В.В., Лёзин И.А. Применение генетического алгоритма для обучения нечеткой многовыходовой нейронной сети Ванга-Менделя 64
Нагорнова Т.Е., Елунин М.Н., Пиявский С.А. Информационная система распределения пар «шеф – подшефный» в матричной структуре образовательного процесса 67
Новиков А.О., Чернобровин Н.Г. Автоматизированная система телемониторинга и телеуправления инженерными системами ЖКХ 71
Полушин А.Н., Ханнанов И.И., Дмитриев А.О. Оптимизация координатного пространства токарно-револьверного станка с системой ЧПУ Sinumerik 802d 72
Прохоров С.А., Соловьева Я.В. Сравнительный анализ существующих математических систем обработки и анализа данных и автоматизированной системы аппроксимативного корреляционно-спектрального анализа в ортогональном базисе Бесселя 76
Филонин О.В. Радиотомография ионосферы с помощью интеллектуальных спутниковых группировок 79
Цициашвили Г.Ш., Осипова М.А., Лосев А.С. Асимптотические формулы для вероятности несвязности планарного взвешенного графа с высоконадежными ребрами 83
Чернов И.А. Игровая модель вычислительной сети 85

Интеллектуальные информационные системы

Андреев М.В., Баранов Е.В., Ситников П.В., Сурнин О.Л., Федотов С.В. Единая информационная система кадрового резерва для органов федеральной, региональной и муниципальной власти 89
Андреев М.В., Крупин Д.Н., Ситников П.В., Сурнин О.Л., Федотов С.В. База знаний законодательства Самарской области 92
Андреев М.В., Мартышкин Д.М., Ситников П.В., Сурнин О.Л., Федотов С.В. Интеллектуальная программная платформа создания баз знаний 94
Андреев М.В., Ситников П.В., Сурнин О.Л., Федотов С.В. Практические аспекты применения онтологий при создании порталов оказания электронных услуг гражданам 97
Бурлаков М.Е. О некоторых моделях оптимизации искусственной нейронной сети генетическими алгоритмами 99
Габдрахманова Л.Р., Мокшин В.В. Исследование методов для построения системы оптического распознавания символов 105
Гончарова Н.М., Жолудева Н.С. Развитие информационно-коммуникативных технологий в современном образовании 109
Графкин В.В. Автоматизированная информационная система мониторинга трудоустройства выпускников 111
Дерябкин В.П., Белоусов А.И. Ассоциативный поиск по образцу в фреймовой информационной компьютерной среде 113

Еленев Д.В., Линник А.О. Автоматизированное снижение дублирования информации в системе мониторинга деятельности подразделений университета 117
Иващенко А.В., Сюсин И.А. Анализ ритмичности назначения при управлении посреднической деятельностью в сфере услуг 121
Леднев А.М. Распределенная система управления финансовыми ресурсами холдинга 125
Мишин А., Пиявский С.А. Подсистема мониторинга качества научного руководства в матричной структуре образовательного процесса..... 128
Никифоров О.Ю. Проблемы адаптивных систем компьютерного тестирования 131
Новиков А.О. Распознавание нот в аудиофайле 133
Орлов С.П., Савельев Д.С. Информационные технологии обработки электронных сообщений граждан в муниципальном управлении..... 137
Печенин В.А., Рузанов Н.В., Болотов М.А. Разработка аналитико-численной модели оценки погрешностей координатных измерений сложных профилей деталей машиностроения 140
Пиявский С.А. Расширение принципа оптимальности по Парето..... 142
Пиявский С.А., Галеев А.Х. Применение метода уверенных суждений в задаче планирования развития инфраструктуры сетей передачи данных 146
Рузанов Н.В., Печенин В.А., Болотов М.А. Преобразование системы координат измерительного устройства и методика компенсации систематических погрешностей координатно-измерительных машин..... 150
Сайфудинов И.Р., Мокшин В.В. Адаптация алгоритмов распознавания образов к системам реального времени 153
Симонова Е.В., Жиляев А.А. Алгоритм коллективного распределения задач в группировке малоразмерных космических аппаратов дистанционного зондирования земли 157
Солдатова О.П., Кузенная А.М. Распознавание рукописных цифр при помощи нейронной сети с одним скрытым слоем 161
Солдатова О.П., Панкратова Д.А. Анализ результатов прогнозирования учетных цен на драгоценные металлы с помощью нечеткой нейронной продукционной сети Ванга-Менделя 165
Солдатова О.П., Чайка П.Д Исследование эффективности решения задачи классификации распределённой гибридной сетью Кохонена..... 170
Тагиров М.А., Мокшин В.В. Разработка обучаемой и энергоэффективной автоматизированной системы управления жилым пространством «Умный дом»..... 174
Федосов А.В. Имитационное моделирование региональных процессов в задачах управления малыми муниципальными образованиями 177
Чигарина Е.И. Автоматизированная информационная система учета и контроля выполнения индивидуального задания по свертке цепочек в грамматиках предшествования 179

Чигарина Е.И., Жаворонкова В.В. Изменение эргономических характеристик автоматизированных систем в процессе исследования их влияния на психологическое состояние пользователя 180
Юмашев В.Л. Моделирование стратегий риелтора в многоакторной информационной среде 183

Информационная безопасность

Биричевский А.Р. Разработка детектора поля-частотомера на базе мобильных устройств 188
Биркун Н.И., Тураров Ж.Ж., Зозуля А.О. Разработка методики оценки уязвимости системы аутентификации на основе технологии CAPTCHA 191
Геращенко А.М. Осуществление подготовки по информационной безопасности с помощью англоязычных онлайн-курсов 195
Горелик С.П., Шумилин В.С. Защита сетей связи в условиях программных воздействий 199
Кириллов Д.В. Проблемы автоматизации управления контролем доступа на основе ролей 203
Кузьмичев А.Б. Алгоритм распознавания состояния программы на основе систем со случайной структурой 207
Линьков А.В., Гордеева М.Е. Анонимность и Интернет 211
Литвинов Д.В. Исследование оптимальной стратегии классификации вредоносного программного обеспечения на основе графа потока выполнения 216
Набиев И.И., Шаяхметов И.М. Исследование электромагнитных излучений от электронных средств 220
Новиков С.Я. Восстановление сигнала по модулям коэффициентов 223
Носаль И.А. Особенности обеспечения информационной безопасности социально важных объектов 224
Пасечник Р.М., Барсуков О.И. Использование DNS-запросов в качестве среды реализации скрытого канала передачи информации 227
Тихонов Д.И., Дорфман А.В. Применение Program Slising в задачах Reverse Enginerring 230
Цветов В.П. Об одном синтаксическом алгоритме на графах 235
Цибуля А.Н., Хо М.Н. О формализации понятия «аутентичность электронного документа» 238
Чупахин П.А., Блинков Д.В., Индиченко А.В. Разработка модели системы защищенного управления безопасным функционированием служб МСС 241
Шаяхметов И.М. Исследование работы криптосистем и систем установки электронно-цифровой подписи 245
Шиверов П.К., Пахомов В.М. Источники доверия в контексте стойкости протоколов аутентификации 247

Шуваева А.М., Яковлев А.В. Моделирование протокола SSL на основе сети Петри 251

Информационные технологии в медицине

Абросимова О.В., Тычков А.Ю., Кузьмин А.В. Разработка устройства регистрации артериального давления 256
Андреев М.В., Гордеев Д.Б., Мартышкин Д.М., Ситников П.В., Сурнин О.Л., Федотов С.В. Практические аспекты применения онтологий и баз знаний в сфере здравоохранения 258
Давыдкин И.Л., Колсанов А.В., Куваев В.С., Данилова О.Е., Куринский В.Ю., Рубан Е.О., Овсянников П.Ю. Аппаратно-программный комплекс «ФЛОУРИСК» для ранней диагностики сердечнососудистых заболеваний методом лазерной допплеровской флоумертрии..... 261
Есипов Б.А., Боряев Е.А., Губанов Е.С. Моделирование и решение некоторых практических задач медицины на основе регрессионного анализа 265
Ивашко Е.Е., Никитина Н.Н., Möller S. Виртуальный скрининг в Enterprise Desktop Grid на базе платформы BOINC..... 268
Иващенко А.В., Минаев А.А. Интеграция автономных устройств медицинской диагностики в медиаторной сети связи 272
Колсанов А.В., Назарян А.К., Чаплыгин С.С., Ларионова С.Н., Волков П.Е. Разработка российского программно-аппаратного комплекса – симулятора УЗИ для подготовки высококвалифицированных медицинских кадров..... 275
Кузьмин А.В.Комплексное моделирование работы сердца 279
Парингер Р.А., Куприянов А.В. Разработка методов повышения качества классификации изображений дендритных кристаллограмм 282
Петрова Е.С., Кроливецкая Ю.М. Идентификация параметров модели температурных гомеостатических процессов 286
Соловьева Я.В., Краснов Д.И. Автоматизированная система «Стационар».... 290
Титоренко А.М., Солдатова О.П., Моисеева И.В. Исследование автоматизированной интеллектуальной системы поддержки принятия решений для врачей-репродуктологов на основе нейронных сетей 294
Тычков А.Ю., Кузьмин А.В., Кубрак А.С., Спиридонов А.А. Разработка виртуального устройства регистрации энцефалографических сигналов в LabView 296

Информационные технологии высокопроизводительных вычислений

Адрова Л.С., Полежаев П.Н. Разработка системы управления корпоративными сетями на основе технологии программно-конфигурируемых сетей 301
Артамонов Ю.С. Основные подходы прогнозирования доступных вычислительных ресурсов в кластерных системах 305

Болтанов С.В. Проектирование и исследование типового решения «Метод переменных направлений»: алгоритмы барьерной синхронизации 310
Ватутин Э.И., Мартынов И.А., Титов В.С. Способ обхода тупиков при решении задач дискретной оптимизации с ограничениями 313
Востокин С.В. Базовый синтаксис языка разметки TEMPLET для представления модели «процесс-сообщение».....317
Ефимушкина Н.В. Имитационные модели для исследования высокопроизводительных вычислительных систем 323
Ивашко Е.Е., Румянцев А.С., Чухарев А.Л., Головин А.С. Задача повышения энергоэффективности центров обработки данных 327
Козлов В.В. Высокопроизводительные нативные серверные Web технологии 331
Логанова Л.В. Выбор математической модели параллельного алгоритма с учетом особенностей архитектуры суперкомпьютера Сергей Королёв.....335
Сазонов В.В., Щербаков М.А. Восстановление изображений с помощью нелинейного SVD-фильтра.....339
Сазонов В.В., Щербаков М.А. Восстановление слабоконтрастных изображений 343
Сазонов В.В., Щербаков М.А. Модифицированный метод сингулярной фильтрации импульсных помех.....347
Хайрутдинов А.Р. Метод решения задачи отображения для шаблонов Graphplus Templet 350

Информационные технологии на транспорте

Богданова И.Г., Михеев С.В., Михайлов Д.А. Учёт динамических характеристик транспортных потоков.....356
Головнин О.К., Сапрыкин О.Н., Михеева Т.И. Паттерны визуализации пространственно-координированных данных.....360
Губайдуллина А.А., Мокшин В.В. Идентификация мобильных объектов 363
Ключников В.А., Головнин О.К., Сидоров А.В. Конвертация данных о транспортной инфраструктуре из «ITSGIS» в «Autocad».....365
Кривопалов В.Ю. Метод северо-западного угла для нахождения допустимого решения транспортной задачи с промежуточными пунктами 369
Лысиков М.Г., Ольшанский А.М. Система планирования показателей работы железнодорожной сортировочной станции.....372
Осьмушин А.А., Сапрыкина О.В., Федосеев А.А. Синтез адаптивных информационных систем анализа инцидентов 379
Сапрыкина О.В., Сапрыкин О.Н., Михеева Т.И. Моделирование транспортных потоков с помощью искусственных социальных объектов 382
Сидоров А.В., Михеев С.В., Михайлов Д.А. Принципы построения сложноорганизованных систем на примере геоинформационной системы «ITSGIS».....385

Спивак К.И., Богданова И.Г., Осьмушин А.А. Особенности паспортизации автомобильной дороги по геовидеомаршруту в САПР «Autocad» 389
Федосеев А.А., Ключников В.А. Методы анализа гиперспектральной информации для оценки состояния статических объектов транспортной инфраструктуры.....391

Методика обучения и компьютерные обучающие программы

Афанасова А.И. Вычислительные методы алгебры с использованием MATLAB 396
Васин Н.Н., Иванова Е.А., Ирбахтин А.А., Милованова А.А., Муллова Д.В., Уланова Е.Ю. Интерактивный курс транспортные сети с канальной и пакетной коммутацией на основе оборудования МСТО и CISCO 398
Григорьев А.О. Пользовательский интерфейс виртуальной обучающей системы «3Ducation».....400
Зинина Н.А., Пиявский С.А., Камальдинова З.Ф., Сусленкова Л.С. Информационная система организации и управления оперативным взаимодействием подразделений вуза с одаренными школьниками в рамках системы ОДАРМОЛ.....402
Иванов В.С. Проектирование и реализация графического редактора связей учебных материалов для обучающей системы «3Ducation» 406
Камалиев Д.Р. Использование социальных сервисов Web 2.0 во внеучебной деятельности со школьниками.....408
Колесникова Е.И., Колесникова Т.В. Память как объект компьютерного моделирования.....411
Конопелькин Д.А. Особенности реализации мобильного клиента для виртуальной обучающей системы «3Ducation» на платформе Android 414
Кузнецов И.А., Зеленко Л.С. Разработка подсистемы оповещения автоматизированной информационной системы «Школа информатики СГАУ» 416
Леднева С.Ю. Разработка системы управления эффективностью обучения студентов.....418
Лезина И.В., Черепанов А.В. Автоматизированная информационная система расчета стипендиальных рейтингов студентов 422
Пиявский С.А., Радомский В.М., Искаков В.В., Смолянко И.А. Информационная технология формирования изобретательских компетенций молодежи на основе компьютерной поддержки 425
Пузанков Н.М. Информационная система сбора и оценки научных достижений молодых исследователей «Ярмарка умов» 429
Семенов А.Е. Проектирование и разработка генератора тестовых заданий для обучающей системы «3Ducation» 432
Семушин И.В., Угаров В.В., Цыганова Ю.В., Афанасова А.И., Куличенко И.Н. Опыт проектно-ориентированного обучения в университетах Ульяновска 436

Шумская Е.А., Зеленко Л.С. Использование архитектурного стиля Rest при проектировании автоматизированной системы для поддержки учебного курса «Надёжность, эргономика и качество АСОИУ».....439

Моделирование и анализ сложных технических систем

Бирюков А.В. Синтез многоцелевых орбитальных структур космических аппаратов ДЗЗ 441
Дидрих И.В. О надежности программно-технических комплексов 442
Заболотнов Ю.М., Лобанков А.А. Оптимальное управление колебательной системой с гироскопическими слагаемыми 445
Кирш Д.В., Куприянов А.В. Информационная система моделирования кристаллических решёток в трёхмерном пространстве 448
Котов Вячеслав Решение для моделирования явлений электромагнетизма PAM-CEM Simulation Suite 452
Кульга К.С. Применение промышленных информационных технологий для моделирования эффективности работы предприятий в условиях позаказного производства наукоёмких изделий 454
Любимов В.В., Осипов А.А. Имитационное моделирование процесса управления ориентацией малых автоматических спутников с различными типами исполнительных органов.....458
Мясникова Н.В., Берестень М.П., Печенов М.О. Модальный анализ на основе экстремальной фильтрации 461
Полушин А.Н., Дмитриев А.О., Ханнанов И.И. Исследование центробежных форсунок с высокой степенью раскрытия сопла.....467
Ревунов М.С., Ревунов Д.С. Комбинированная система экстремального регулирования плотности бумажного полотна 471
Франтасов Д.Н. Исследование влияния качества электроэнергии на погрешности датчика тока с коррекцией 474
Цаплин С.В., Болычев С.А. Математическое моделирование теплового режима ОЭТК с сегментированным зеркалом 476

Философия искусственного интеллекта и трансгуманизм

Богатырева Е.Д. Понятие и эстетика образа.....480
Гатен Ю.В. Педагогические аспекты использования элементов искусственного интеллекта в обучении 483
Дёмин И.В. Трансгуманистический образ будущего: технократическая утопия или глобальный сверхпроект?.....485
Мышкин С.В. Консервативная революция в свете трансгуманистических преобразований общества 489
Нестеров А.Ю. Трансгуманизм как идеология 493
Паршикова Г.В. Философская проблематика искусственного интеллекта в аспекте взаимоотношений языка и сознания.....497

Соснина Т.Н. Гуманизм: классический и постклассический в контексте идей В.И.Вернадского 499
Трафимова Г.А. Социальные последствия информатизации в современном обществе 503
Чекалов Л.Л. Различие способов обработки информации и принятия решений в биологических и технических системах 506
Чубарь П.И. По ту сторону информации 510
Ястреб Н.А. Подходы к пониманию социальных аспектов программ NBIC-конвергенции 513

Дополнительные сообщения

Гаврик П.В., Гаврик А.В. Дробный ПИД-регулятор в системе регулирования уровня в барабане котла 516
Елунин М.Н. Информационная система организации, мониторинга и управления коллективной научной деятельностью студентов в вузе 518
Ле С.Х. Универсальная программа тягово-энергетических расчетов для метрополитена постоянного тока с различными системами тягового электропривода 521

Перспективные информационные технологии (ПИТ 2014):
труды Международной научно-технической конференции

Advanced Information Technologies and Scientific Computing (PIT 2014): Proceedings of the International Scientific Conference

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

Издательство Самарского научного центра РАН
Лицензия на издательскую деятельность ЛР № 040910 от 10.08.98 г.
Подписано в печать 04.06.2014. Формат 60x84 1/8 Бумага офсетная.
Печать офсетная. Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 33,19.
Тираж 500 экз.
Отпечатано в типографии АНО «Издательство СНЦ РАН»
443001, г. Самара, Студенческий переулок, 3а, тел.: 42-37-07