

ИИТ - 2012

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)**

**Научно-техническая конференция
с международным участием,
посвящённая 40-летию кафедры
информационных систем и технологий СГАУ**

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ,
ПРОЕКТИРОВАНИИ И ОБУЧЕНИИ**

18 – 20 декабря 2012 г.

СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ



САМАРА, 2012

УДК 004

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. – 317 с.

ISBN 978-5-93424-627-4

В сборник научных трудов включены доклады научно-технической конференции с международным участием «ПИТ 2012», проходившей с 18 по 20 декабря 2012 г. в Самарском государственном аэрокосмическом университете.

Рассмотрены актуальные проблемы создания автоматизированных систем научных исследований, информационных технологий высокопроизводительных вычислений, моделирования и анализа сложных технических систем, методик обучения и компьютерных обучающих программ, интеллектуальных информационных систем, управления в многоакторных и мультиагентных средах, информационных технологий на транспорте и в медицине.

Печатается по решению издательского совета
Самарского научного центра Российской академии наук

ISBN 978-5-93424-627-4

© Оргкомитет конференции, 2012
© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2012



АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Е.В. Авдеев

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СЕТКИ С ПОМОЩЬЮ ОЦЕНКИ ОБУСЛОВЛЕННОСТИ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Существует множество задач, которые могут быть сведены к решению систем линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). При решении СЛАУ с помощью ЭВМ неизбежно возникает вычислительная погрешность, вызванная ограниченным числом разрядов, отводимых для хранения промежуточных результатов в памяти ЭВМ.

Влияние этой вычислительной погрешности на решение задачи различно для каждого случая и зависит не только от выбранного метода решения СЛАУ, но также и от характеристик, которыми обладает условие самой задачи.

Над данной проблемой работали такие ученые как Зенкевич и Морган [1], Роуч [6, 7], Ричардсон.

СЛАУ для решения на ЭВМ часто представляют в матричном виде

$$Ax = b, \quad (1)$$

A — квадратная матрица коэффициентов;

x — матрица-строка искомых (выходных) величин;

b — матрица-столбец известных (входных) величин.

Обычно элементы матриц образованы путем дискретизации исходных входных величин (например, в сеточных методах). От шага дискретизации зависит, насколько точно СЛАУ будет описывать реальный процесс.

Если шаг будет слишком большим, то возникнет высокая погрешность усреднения, модель не сможет отобразить микропроцессы, микроявления.

Если же шаг будет малым, то разница между значениями в соседних точках (или значительная ее часть) может оказаться за пределами числа разрядов, которое предусмотрено для хранения значения в памяти ЭВМ. При этом имеет место почти линейная зависимость векторов-строк, из которых составлена матрица A , и, как следствие, высокая погрешность решения СЛАУ.

Меру, определяющую связь между погрешностью в полученном решении СЛАУ и погрешностью во входных данных, принято называть обусловленностью.

Согласно работе Д.К. Фадеева [3] невырожденная матрица A называется хорошо обусловленной, если решение системы линейных уравнений $Ax = b$ ус-



тойчиво, т. е. мало изменяется при малом изменении элементов матрицы A и столбца свободных членов B .

В случае плохо обусловленной системы возможны два способа дальнейшего решения:

1. Изменить входные данные (метод дискретизации) для улучшения обусловленности.

2. Изменить метод решения, например, использовать метод решения с предобуславливанием, при котором левую и правую часть исходной СЛАУ домножают на легко обратимую матрицу-предобуславливатель [2]:

$$M^{-1}Ax = M^{-1}b, \quad (2)$$

$$M \approx A, \det M \neq 0. \quad (3)$$

В данной работе рассматривается первый вариант.

Общая схема решения задачи в этом случае такова:

1. Дискретизация входных данных (построение сетки в соответствии с выбранной схемой решения).

2. Решение задачи, получение выходных данных.

3. Валидация выходных данных. Если результат неудовлетворителен, то возврат к пункту 1.

Основные вычислительные затраты в рамках этой схемы происходят на этапе решения задачи (пункт 2). Если полученные результаты не проходят валидацию, то происходит возврат к пункту 1 с ужесточением требований, в нашем случае с уменьшением шага дискретизации входных данных. По схеме видно, что для уменьшения вычислительных затрат желательно добиться наименьшего количества возвратов к пункту 1.

Это возможно до решения задачи (априорная оценка). Для прогноза точности решений будет использоваться связь входных данных с обусловленностью СЛАУ.

Обусловленность СЛАУ (1) определяется обусловленностью матрицы A . Данное утверждение верно для всех итерационных методов решения СЛАУ, в которых x , вычисленная на текущей итерации является матрицей-столбцом b известных (входных) величин для следующей итерации, при этом матрица A постоянна для всех итераций.

Существует множество методов оценок обусловленности. В данной работе в качестве оценки обусловленности исследуется показатель диагонального преобладания, который вычисляется по следующей формуле (4).

$$\Phi(A) = \frac{(\sum a_{i,j})^2}{\sum a_{i,j}^2}, \quad (4)$$

где $a_{i,j}$ – элементы матрицы A .

В работе В.А. Фурсова [4] описаны свойства и связь показателя диагонального преобладания с нормами обусловленности. Вычислительная сложность нахождения показателя диагонального преобладания меньше вычислительной сложности нахождения любой нормы обусловленности и составляет $2n + O(n^2)$. Например, вычисление такой нормы обусловленности как спек-



тральное число обусловленности, равное отношению максимального собственного числа к минимальному:

$$K(A) = \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}}. \quad (5)$$

зависит от используемого алгоритма и может составлять порядка $O(n^3)$ и более. В современных задачах n может составлять миллионы, десятки миллионов, поэтому вычислительная сложность является существенным критерием для определения обусловленности матрицы.

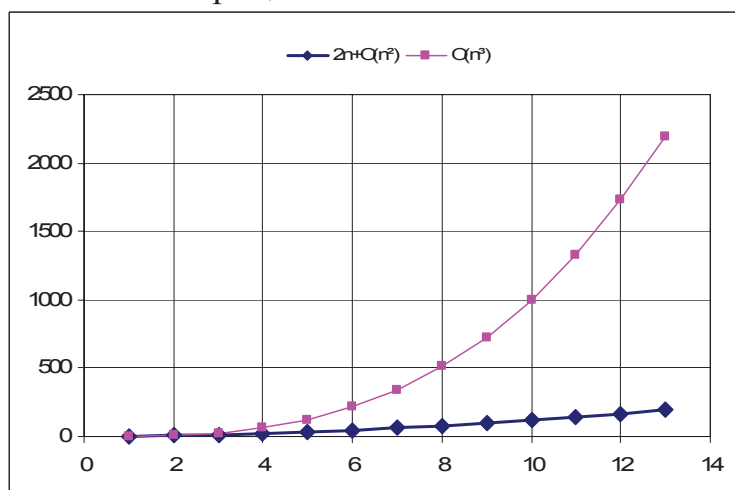


Рис. 1. Сравнение вычислительной сложности оценки обусловленности $2n + O(n^2)$ с помощью показателя диагонального преобладания $\Phi(A)$ и $O(n^3)$ – с помощью спектрального числа обусловленности $K(A)$

Для проверки изменения характеристик матрицы A с изменением количества ячеек сетки было выбрано несколько задач, входящих в набор примеров, распространяемых вместе с открытой интегрируемой платформой для численного моделирования задач механики сплошных сред OpenFOAM (<http://www.openfoam.org/docs/>), инструментарий которой был также использован для построения сеток и матрицы A . В данной работе рассматривались следующие примеры:

1. \$TUTORIALS/incompressible/pimpleFoam/t-junction/ – течение несжимаемой жидкости в трубе-тройнике (один вход, два выхода) под действием разности давлений на входе и выходах трубы, задача решается в нестационарной постановке с использованием алгоритма (Pressure Implicit with Splitting of Operators – Semi-Implicit Method for Pressure Linked Equations) PISO-SIMPLE.

2. \$TUTORIALS/incompressible/pisoFoam/ras/cavity/ – вращение несжимаемой жидкости в емкости, порождаемое скользящей верхней стенкой емкости, задача решается в нестационарной постановке с использованием алгоритма PISO, с моделированием турбулентности с помощью RAS (Reynolds-Averaged Simulation) модели.

3. \$TUTORIALS/incompressible/icoFoam/cavity/ – вращение несжимаемой жидкости в емкости, порождаемое скользящей верхней стенкой емкости, задача решается в нестационарной постановке, без моделирования турбулентности.



При увеличении количества элементов сетки значение показателя диагонального преобладания уменьшается, причём нелинейно — при большем количестве элементов сетки ещё большее увеличение количества элементов меньше влияет на изменение показателя диагонального преобладания, чем при меньшем количестве элементов. Похожее поведение наблюдается на графиках минимального собственного числа $\min(\lambda)$ и спектрального числа обусловленности $K(A)$.

Также по графикам видно, что «подходящее» количество ячеек для задачи находится там же, где меньшие значения $\Phi(A)/n$.

Таким образом, можно производить оценку обусловленности СЛАУ с помощью предварительной валидации входных данных с помощью показателя диагонального преобладания.

Результаты работы могут быть применены в решении СЛАУ прямыми методами с помощью ЭВМ.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 11-07-12051-офи-м).

Работа выполнена при поддержке программы «Университетский кластер» — www.unicluster.ru

Литература

1. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация / Изд-во «МИР» — М., 1986. — 319 с.
2. Марчевский И.К., Пузикова В.В. Методы решения разреженных систем линейных алгебраических уравнений и их предобуславливание // Летняя суперкомпьютерная академия. — М., 2012. — 34 с.
3. Фадеев Д.К. Об обусловленности матриц. Работы по приближенному анализу // Тр. МИАН СССР, 53, М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1959. — с. 387 — 391
4. Фурсов В.А. Идентификация моделей систем формирования изображений по малому числу наблюдений. — Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т., 1998. — 218 с.
5. Strang G. 18.085 Computational Science and Engineering I, Fall 2008. Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCouseWare, 2012
6. Roache P.J. Perspective: a method for uniform reporting of grid refinement studies. ASME J. Fluids Eng. 116, 1994. — pp. 405 — 413
7. Roache P.J., Knupp P.M. Completed Richardson extrapolation, Comm. Appl. Num. Methods, 1993. — 9. — pp. 365 — 374
8. Sukhinov A.A. Construction of Cartesian meshes with dynamic adaptation to the solution, Matem. Mod., 22:1. — 2010. — pp. 86 — 98
9. Zienkiewicz O.C., Zhu J.Z., Superconvergence recovery technique and a posterior error estimates. Int. J. Num. Meth. Engineer., 1992, 33. — pp. 1331 — 1364



М.А. Астраханцева, М.А. Макаров, Е.С. Сагатов

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВА ПЕРЕДАЧИ ВИДЕО В БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЯХ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Современная мобильность людей и развитие технологий позволяет осуществлять передачу информации без привязки к конкретному мобильному устройству и места, откуда осуществляется вещание. Так, например, возможно осуществление передачи видео с одного телефона на другой, передача видео с телефона на компьютер или осуществление видео вещания в Интернет. Данная передача видео может осуществляться с различными целями: видеоконференция, интернет-вещание, видео наблюдение в реальном времени и т.д. Поэтому встала задача исследования качества передаваемого видео потока.

Проект «Исследование передачи видео в беспроводных сетях» состоит из 3 частей:

- исследование качества передачи видео в сетях wi-fi и 3 G,
- исследование качества передачи видео в сетях 4G,
- исследование качества передачи видео в сенсорных сетях Zigbee.

На первом этапе была произведена оценка качества передачи видео в сетях Wi-Fi и 3 G. Произведены исследования технологических решений по повышению качества потокового видео в беспроводных сетях Wi-Fi и 3 G. Исследуются специально разработанные программы, которые позволяют дублировать пакеты видеопотоков. Проведено тестирование потокового видео с дублированием всех кадров, только ключевых кадров и без дублирования. Эксперименты показали, что наилучший результат обеспечивает технология дублирования пакетов, составляющих ключевой кадр. В работе найдены коэффициенты для наиболее популярных кодеков, которые описывают зависимость качества видео от потерь пакетов и вариации задержек. [1,2]

Далее для оценки качества беспроводного соединения для Wi-Fi сетей была предложена простая аналитическая модель сравнительного анализа для сетевых беспроводных устройств. В качестве базовой зависимости выбрана зависимость процента потерь пакетов от мощности принимаемого сигнала и загрузки шины исследуемого оборудования.[3] Коэффициенты модели найдены в ходе эксперимента и проведен сравнительный анализ различных типов устройств (роутеры D-Link и 3Com). Полученные результаты были представлены на конференции SMART 2012 в Штутгарте. [4]

Следующим этапом является исследование качества передачи видео в сетях 4 G. В настоящее время в мире стали активно развертываться и внедряться сети поколения 4g. Данные сети по сравнению с сетями 3g обладают более высокой скоростью передачи данных и возможностью оперативно передавать видео высокого качества, вплоть до HD. Благодаря таким сетям появится возмож-



ность осуществления видео вещания телевизионного качества в режиме реального времени из любой точки, где сети 4g доступны для использования. Поэтому актуальным является вопрос об исследовании качества передачи видео в сетях 4-го поколения, особенно с помощью современных смарт устройств, что делают соединение простым, а аппаратуру компактной. Для данного исследования планируется применить разработанную и протестированную модель для оценки качества в Wi-Fi(802.11g/n). Для исследования сетей 4G в сентябре 2012 был получен грант РФФИ, в рамках которого планируется исследовать до марта 2013 года передачу видео HD качества в сетях 4G.

В рамках эксперимента планируется собрать схему (см. Рис.1) и провести ряд экспериментов по передачи видео HDTV качества. Далее будут отобраны образцы видео HD качества для передачи видео по сети с последующей записью. VLC генерирует видео поток и в точке приема будет производиться его запись. На компьютере, принимающем видео поток будет установлено ПО Wireshark для определения процента потерь пакетов. Далее будет сопоставлены характеристики сети (процент потерь пакетов p и сетевой джиттер j) и качество видео и определено их наилучшее соотношение.

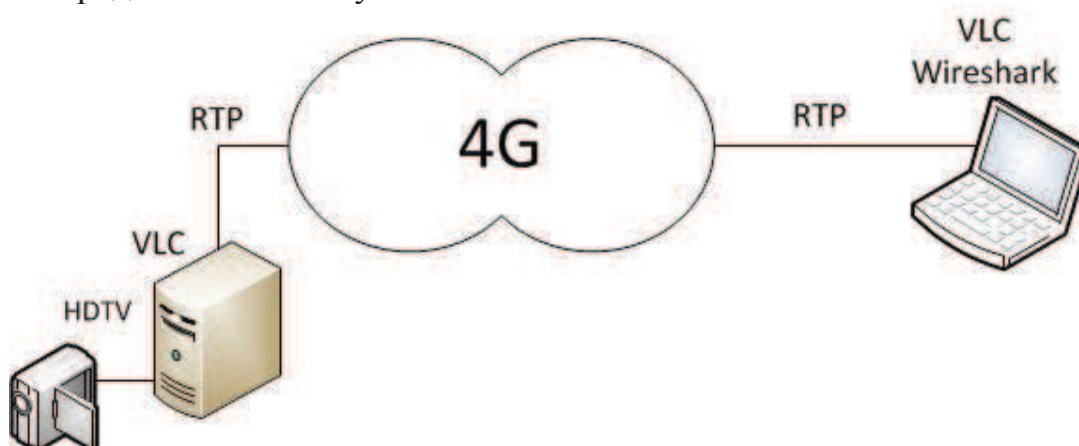


Рис. 1. Схема эксперимента в сети 4 G

Заключительным этапом исследования качества передачи видео в беспроводных сетях является исследование качества видео в сенсорных сетях Zigbee. Протоколы ZigBee разработаны для использования во встроенных приложениях, требующих низкую скорость передачи данных и низкое энергопотребление. Цель ZigBee — это создание недорогой, самоорганизующейся сети с ячеистой топологией, предназначенной для решения широкого круга задач. Сеть может использоваться в промышленном контроле, встроенных датчиках, сборе медицинских данных, оповещении о вторжении или задымлении, строительной и домашней автоматизации.

В ходе данного проекта «Исследование качества передачи видео в сенсорных сетях стандарта Zigbee» планируется собрать представленную на рисунке 2 схему эксперимента.

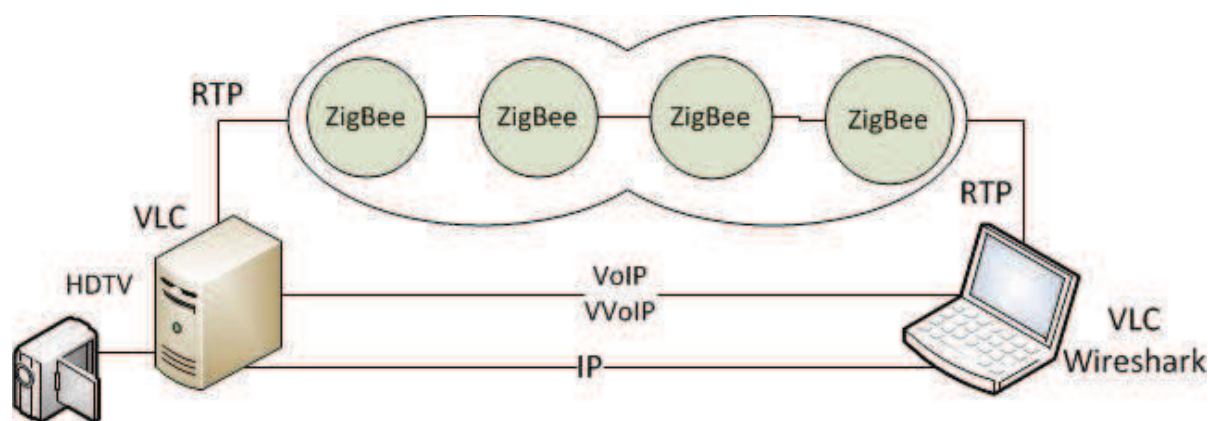


Рис. 2. Схема эксперимента в сенсорных сетях ZigBee

Сенсорная сеть будет состоять из 4 сенсоров и двух компьютеров: сервер и ноутбук. На первом этапе будет собрана сенсорная сеть, состоящая из 4 сенсоров, 1 ноутбука и 1-го компьютера сервера. Далее будет осуществлено присвоение IP адресов компьютерам и запуск поверх сети ZigbeeTCP/IP; установка на клиент и сервер ПО VLC. После проведения этапа подготовки будет возможно осуществление передачи видео файлов через полученную сеть с низким битрейтом 192 Кб/сек и произведена запись с помощью ПО Wireshark и VLC. Так же будет осуществлена передача статических картинок, с целью создания из них 3D изображения. После проведения экспериментальной части будет осуществлена оценка качества видео по шкале Мос, выявлены ключевые зависимости и влияние ключевых кадров на качество видео. Полученные результаты после проведения эксперимента и анализа позволят оценить возможность использования беспроводных сетей ZigBee для видео наблюдения и передачи с их помощью видео.

Проведение ряда экспериментов по исследованию качества передачи видео в различных беспроводных сетях позволят выявить ключевые зависимости между качеством видео и условиями осуществления вещания, так же позволит оценить возможные области применения данных сетей.

Литература

1. Sagatov E., Sukhov A. Influence of distortions of key frames on video transfer in wireless networks // The 5th International Symposium on I/V Communications and Mobile Networks (ISIVC10)), IEEE Xplore
2. Sagatov E., Sukhov A. Duplication of key frames of video streams in wireless networks, Wireless Days (WD), 2011 IFIP, Niagara Falls, ON, 10-12 Oct. 2011
3. Астраханцева М.А., Сухов А.М. Паспортизация оборудования беспроводных сетей // ДиВО, 05.2012
4. Astrakhantceva M., Sukhov A. Comparative analysis of wireless devices // IARIA, 2012. – pp. 96 – 100



В.Н. Белопухов, М.Ю. Грачев, М.В. Лесников, О.А. Заякин, Ю.О. Понявин

ЛАБОРАТОРНЫЙ МАКЕТ ЛАЗЕРНОГО КРУГЛОМЕРА

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Представленный здесь лабораторный макет лазерного кругломера мог бы быть полезен студентам системотехнических и метрологических специальностей. Он представляет собой пример разработки, начиная от постановки задачи и заканчивая анализом метрологических характеристик.

Задача состоит в контроле отклонений от круглости рабочей поверхности внутреннего кольца подшипника (рис. 1) [1]. Параметры контроля – отклонение от круглости и волнистость (таблица 1, рис. 2) [2]. Имеются требования к кругломеру (таблица 2) [1], [3]. Они основаны на контактном методе.

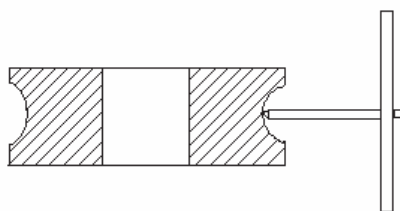
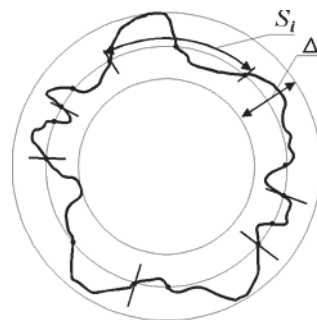


Рис. 1. Контроль отклонений от круглости



S_l - длина волны; Δ - некруглость

Рис. 2. Параметры отклонений от круглости

Таблица 1. Допуски круглости и волнистости дорожек качения колец

$d, D, \text{мм}$ Св. 10 до 18	Внутреннее кольцо						Наружное кольцо					
	Категория В			Категория А			Категория В			Категория А		
	Класс точности											
	0	6	5	5	4	Т и 2	0	6	5	5	4	Т и 2
	<i>мкм, не более</i>											
круглость	1,6	1,2	1	0,8	0,5	0,3	2	1,6	1,2	1	0,8	0,5
волни- стость	0,2	0,16	0,12	0,1	0,08	0,05	0,25	0,2	0,16	0,12	0,1	0,08
Примечание – d, D – диаметр посадочного места, для внутренних колец d это отверстие, для наружных D – внешний диаметр. Категории введены условно.												

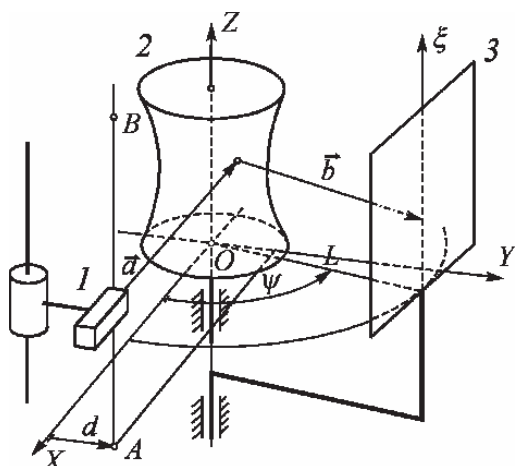
Таблица 2. Допускаемые погрешности прибора

Класс точности прибора	Допускаемая погрешность, мкм	
	радиальная	осевая
1	$0,05 \pm 0,0005h$	0,08
2	$0,12 \pm 0,0012h$	0,15

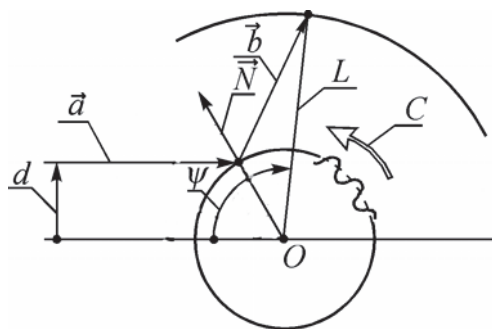
Примечание – h - высота щупа над уровнем подставки под деталь (см. рис. 1).



В макете использован оптический метод (рис. 3), предложенный в Самарском филиале Физического института РАН [4]. Он состоит в дискретном сканировании узким сфокусированным лучом лазера по радиальному профилю контролируемой поверхности, регистрации пространственных координат этого луча, отраженного от контролируемой поверхности, на координатно-чувствительном фотоприемнике и записи их в память компьютера с последующим анализом данных со всего профиля.



а)



б)

1 - источник излучения; 2 - контролируемая поверхность; 3 - видеокамера; АВ, С - направления сканирования; $\vec{a}$, - падающий и $\vec{b}$ - отраженный лучи света; ψ , ξ - координаты точки падения отраженного луча на фотоприемник; d - смещение источника излучения; L - радиус поворота каретки с видеокамерой.

Рис. 3. Оптико-механическая схема координатных измерений

Если при сканировании луч лазера попадет на участок поверхности с другим локальным наклоном, чем предыдущий, это вызовет смещение светового зайчика от отраженного луча на фотоприемнике. Это похоже на датчик волнового фронта Шака-Гартмана. Они очень чувствительны (до $\lambda/1000$). При малых отклонениях от круглости (до 0,0001 от среднего радиуса профиля) эта зависимость практически линейна. Чувствительность зависит от направления изменения этого локального наклона в пространстве. Также присутствует слабая зависимость и от локального радиуса. Так что первичный преобразователь представляет собой реальное дифференцирующее звено - малые в плане поверхности неровности прибор чувствует лучше.

Функция преобразования получена, исходя из физического приближения лучевой оптики, в параксиальном приближении и без учета поперечной ширины пучка света [5]. Это алгебраическая связь компоненты Фурье-спектра искомой круглограммы с компонентами Фурье-спектра той же пространственной частоты двух функций – ψ и ξ от той же полярной координаты, что и круглограмма. Средний радиус и средняя конусность радиального профиля связаны алгебраической зависимостью со средними величинами ψ и ξ по данному профилю.

В данной новейшей версии кругломер уже достигает требуемого пространственного разрешения $2\pi R/(4N)$, где R - средний радиус радиального



профиля, N - номер максимальной пространственной гармоники спектра круглограммы ($N = 500$). Использован лазерный диод с $\lambda = 405$ нм (фиолетовый свет). (Параметр Δ соответствует N со 2 по 500, волнистость W – с 16 по 500.)

Это обеспечивает коллимированность отраженного лазерного пучка. Как показывает волновая теория света, максимальная кривизна в поперечном сечении лазерного пучка не должна существенно превышать максимальную кривизну контролируемой поверхности. Тогда, вне зависимости от кривизны угол расходимости отраженного пучка будет отличаться, максимум, в пять раз.

Составленная одним из авторов специальная программа на MathCad'e рассчитывает параметры зондирующего лазерного пучка. Входные параметры: максимальный радиус кривизны контролируемой поверхности, R , d и L , λ , фокусное расстояние линзы, фокусирующей параллельный лазерный пучок на контролируемую поверхность. Рассчитываемый параметр – диаметр диафрагмы, ограничивающей лазерный пучок по его поперечной ширине.

Аппаратный комплекс средств автоматизации построен на основе компьютера IBM PC. Для интерфейса использованы адаптеры под шину ISA.

Система содержит адаптер-контроллер для управления тремя шаговыми двигателями широтно-импульсной модуляции (ДШИ-200-3-3), обеспечивающими дискретность поворота 200 шагов на оборот.

Имеется также адаптер для датчика угла поворота BE-175A с дискретностью 1024 отчета на оборот. На него же поступают сигналы с концевых выключателей и пульта управления, установленного на оптико-механическом блоке (рис. 4). Эти адаптеры были разработаны в СФ ФИАН. Их простота и имеющиеся в наличии принципиальные схемы и драйверы с исходными кодами позволяют студентам глубже изучить организацию работы прибора.



Рис. 4. Общий вид оптико-механического блока

Для достижения требуемой дискретности использованы подвижки с редукторами. Линейная подвижка обеспечивает шаг 2,5 мкм. Дискретность поворота каретки с фотоприемником $0,07^\circ$, датчика угла поворота – $0,038^\circ$. Редуктор на подвижке разворота контролируемой детали имеет передаточное отношение 1/15,62. Для обеспечения дискретности 2000 шагов на оборот в про-



грамме сбора данных использованы равномерно расположенные пропуски шага. Редуктор передает вращение на угловую подвижку, качество которой позволяет достичь кругломеру требуемых точностных характеристик.

Для ввода изображения в компьютер использован фрейм-граббер DigitEye BW-03VSR («Кандела», Москва) с черно-белой видеокамерой «Mintron MTV-271 B/W» («Mintron Enterprises, США). Оцифровываемый кадр имеет размер 3,3X3,3 мм, 64 уровня серого. Темп ввода кадров в компьютер – 6 в секунду.

В приборе имеются программы сбора данных и обработки данных. Они работают под операционной системой Windows XP. Первая из них написана на TurboC++ Enterprise Edition, ver. 4.0, вторая – на Delphi7 (Borland Int., США). Они позволяют получить Δ , W , круглограмму и ее Фурье-спектр.

Дополнительная программа облегчает статистический анализ результатов измерений. Она обрабатывает при своем запуске целиком серию однотипных файлов, полученных программой сбора данных, где записаны ψ и ξ на каждом шаге сканирования, а также d , L , N . Программа делает те же расчеты Δ для каждого файла. Затем она их статистически обрабатывает по стандартной методике [6] и выводит статистическую оценку случайной составляющей погрешности, наряду со статистическим рядом измерений и гистограммой.

Разработанный комплекс позволяет эффективно его использовать в учебном процессе студентов соответствующих специальностей. Более коротковолновый источник излучения и более качественная механика дают возможность разработчикам достичь требуемых точностных характеристик.

Литература

1. Методика измерения отклонений от круглости и шероховатости поверхности деталей подшипников качения: Руководящий документ РД 37.006.106.90. – Согласован; введ. 2000-06-01; срок действия до 2007-01-01. – М.: НПО ВНИПП, 1990 - 40 л.
2. Подшипники качения. Допуски круглости и волнистости поверхностей качения подшипников категорий А и В: Руководящий документ РД ВНИПП.013-00. Введ. 2000-06-01; срок действия до 2007-01-01. – М.: НПО ВНИПП, 2000. – 15 л.
3. ГОСТ 28187-89. Отклонения формы и расположения поверхностей. Общие требования к методам измерений. – Введ. 1989-07-01 - М.: Изд-во стандартов, 1989. - 19 с. – (Основные нормы взаимозаменяемости).
4. Пат. 2109250 Россия, МПК ⁶G 01 B 11/24. Способ измерения геометрической формы тел вращения с отражающей поверхностью / Белопухов В. Н., Бесталанный С. И., Заякин О. А. (Россия); Заявитель и патентообладатель Самарский филиал ФИАН. - № 95100536/28 (001062); Заявл. 12.01.1995; Оpubл. 20.04.1998, Бюл. № 11.
5. Заякин О.А. Получение профилей и контурных картин поверхностей вращения способом триангуляции с использованием зеркально отраженного излучения, алгоритмы и расчетные формулы // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер.: Физ.-мат. науки, 2007. – №2 (15). – с. 95 – 101



ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ, ВНОСИМОЙ ПРИ АВТОКАЛИБРОВКЕ ИМИТАТОРОМ ВЫХОДНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ВЕЛИЧИНЫ ДАТЧИКА

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Одним из самых эффективных и малозатратных способов повышения точности современных измерительных систем является автокалибровка, при которой периодически или по внешней команде на вход измерительного канала (на вход датчика) подаются известные значения измеряемой величины.

При отсутствии возможности автокалибровки по входу измерительного канала используют автокалибровку по выходной электрической величине датчика, то есть по входу канала преобразования электрических величин (КПЭВ). Функциональная схема многоточечной измерительной системы с такой автокалибровкой приведена на рисунке 1.

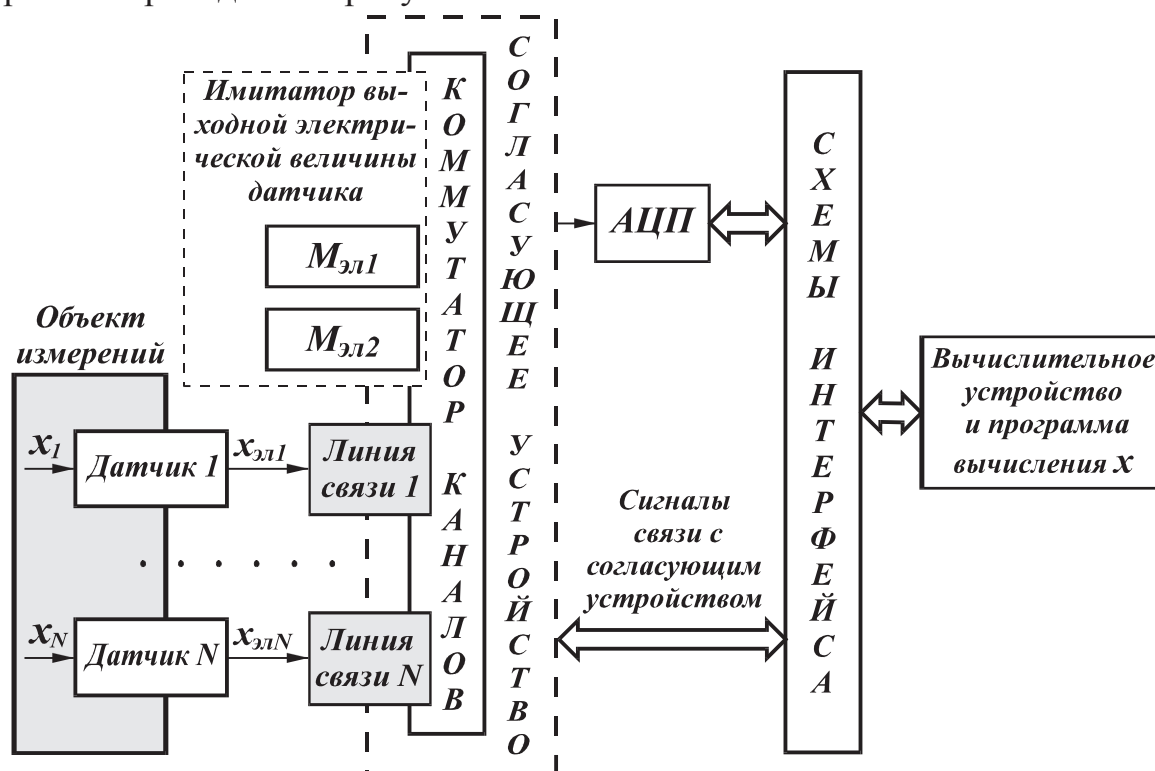


Рис. 1. Функциональная схема измерительной системы с автокалибровкой по входу канала преобразования электрической величины

В приведённое на рисунке 1 согласующее устройство кроме коммутатора каналов входит нормализатор измерительного сигнала, например, усилитель, а в измерительной системе с параметрическими датчиками – ещё и схема питания измерительных цепей (источник э.д.с. или источник тока). При линейной функции преобразования датчика и канала преобразования электрических величин для исключения вносимой КПЭВ аддитивной и мультипликативной со-



ставляющей погрешности необходимо использовать два значения меры $M_{эл1}$ и $M_{эл2}$ выходной электрической величины датчика, соответствующих или близких к минимальному и максимальному значению измеряемой величины x . Мерами $M_{эл1}$ и $M_{эл2}$ в случае резистивных датчиков являются меры сопротивления, например, прецизионные резисторы, в случае генераторных, например, термопар – меры напряжения и т. д.

Связь между выходным кодом n АЦП канала преобразования, включающего кроме функциональных узлов КПЭВ ещё и датчик, на который воздействует измеряемая величина x , при линейной зависимости n от x , с точностью до погрешности квантования, определяется выражением: $n = Sx + n_o$, где: S – коэффициент преобразования; n_o – некоторое начальное значение n .

По текущим значениям выходного кода n АЦП компьютер или микропроцессор при работе измерительной системы по известной формуле определения абсциссы точки, лежащей на прямой, соединяющей точки с координатами (x_1, n_1) и (x_2, n_2) , вычисляет значение измеряемой величины:

$$x = (n - n_1) \frac{x_2 - x_1}{n_2 - n_1} + x_1 \quad (1)$$

где: x_1 и x_2 – точки градуировки, определенные по функции преобразования используемых в системе датчиков для значений выходной электрической величины датчика, соответствующей значениям $M_{эл1}$ и $M_{эл2}$; n_1 и n_2 – соответствующие точкам градуировки значения выходных кодов АЦП.

Очевидно, что в этом случае (при линейной функции преобразования датчика) нет необходимости в отдельной процедуре градуировки системы.

Если рассматривать канал преобразования электрических величин отдельно, то можно записать: $n = S_{эл}x_{эл} + n_o$, где: $x_{эл} = f_{дат}(x)$ – текущее значение выходной электрической величины датчика, определяемое функцией преобразования датчика и значением измеряемой величины x в данный момент времени; $S_{эл}$ – коэффициент преобразования $x_{эл}$.

Если при автокалибровке по входу КПЭВ использовать $M_{эл1} = f_{дат}(x_1)$ и $M_{эл2} = f_{дат}(x_2)$, то соответствующие $M_{эл1}$ и $M_{эл2}$ выходные коды АЦП равны: $n_1 = S_{эл}M_{эл1} + n_o$ и $n_2 = S_{эл}M_{эл2} + n_o$.

Подставив выражения для n , n_1 и n_2 в формулу (1), получим:

$$x = (x_{эл} - M_{эл1}) \frac{x_2 - x_1}{M_{эл2} - M_{эл1}} + x_1 \quad (2)$$

Формулу (2) можно рассматривать как функцию преобразования значения $x_{эл}$ в x , для которой можно записать коэффициент преобразования:

$$S_x = \frac{dx}{dx_{эл}} = \frac{x_2 - x_1}{M_{эл2} - M_{эл1}} \quad (3)$$



Изменение значений $M_{эл1}$ и $M_{эл2}$ вызывает изменение S_x и, следовательно, мультипликативную погрешность измерения.

Для определения изменений $\Delta S_{xM_{эл1}}$ и $\Delta S_{xM_{эл2}}$, возникающих при изменениях $\Delta M_{эл1}$ и $\Delta M_{эл2}$, воспользуемся формулой частных приращений функции нескольких переменных, в соответствии с которой:

$$\Delta S_{xM_{эл1}} = \frac{\partial S_x}{\partial M_{эл1}} \Delta M_{эл1} = \frac{x_2 - x_1}{(M_{эл2} - M_{эл1})^2} \Delta M_{эл1} \text{ и}$$

$$\Delta S_{xM_{эл2}} = \frac{\partial S_x}{\partial M_{эл2}} \Delta M_{эл2} = -\frac{x_2 - x_1}{(M_{эл2} - M_{эл1})^2} \Delta M_{эл2}.$$

Относительные изменения $\Delta S_{xM_{эл1}}$ и $\Delta S_{xM_{эл2}}$, определяющие составляющие относительной мультипликативной погрешности $\delta_{SxM_{эл1}}$ и $\delta_{SxM_{эл2}}$, возникающие при изменениях $\Delta M_{эл1}$ и $\Delta M_{эл2}$, равны:

$$\delta_{SxM_{эл1}} = \frac{\Delta S_{xM_{эл1}}}{S_x} = \frac{\Delta M_{эл1}}{M_{эл2} - M_{эл1}} \text{ и } \delta_{SxM_{эл2}} = \frac{\Delta S_{xM_{эл2}}}{S_x} = \frac{\Delta M_{эл2}}{M_{эл1} - M_{эл2}}.$$

Основным дестабилизирующим фактором, воздействующим на элементы имитатора выходной электрической величины датчика, является температура окружающей среды. Поэтому изменение значения меры, воспроизводящей выходную электрическую величину датчика, определяется температурным коэффициентом (ТКМ) элемента, используемого в мере, и диапазоном температуры окружающей среды $\Delta \Theta_{окр. ср}$. Например, для $M_{эл1}$ можно записать: $\Delta M_{эл1} = M_{эл1} \cdot ТКМ_{эл1} \cdot \Delta \Theta_{окр. ср}$. Тогда для $\delta_{SxM_{эл1}}$ получим:

$$\delta_{SxM_{эл1}} = \frac{\Delta M_{эл1}}{M_{эл2} - M_{эл1}} = \frac{M_{эл1} \cdot ТКМ_{эл1} \cdot \Delta \Theta_{окр. ср}}{M_{эл2} - M_{эл1}} = \frac{ТКМ_{эл1} \cdot \Delta \Theta_{окр. ср}}{\frac{M_{эл2}}{M_{эл1}} - 1}.$$

Из полученной формулы следует, что при малом диапазоне изменения x значение x_2 близко к значению x_1 и, соответственно, $M_{эл2}$ близко к значению $M_{эл1}$. При этом знаменатель в полученной формуле мал и относительная мультипликативная погрешность $\delta_{SxM_{эл1}}$ может существенно превышать относительную температурную нестабильность меры $M_{эл1}$, определяемую числителем. Такой же результат получается и для меры $M_{эл2}$.

Если значение $M_{эл2}$ сформировать как сумму меры $M_{эл1}$ и некоторой меры $M_{эл3}$, соответствующей диапазону изменения выходной электрической величины датчика, например, сопротивления терморезистора то:

$$M_{эл2} = M_{эл1} + M_{эл3}. \quad (4)$$

Подставив (4) в (2), получим:

$$x = (x_{эл} - M_{эл1}) \frac{x_2 - x_1}{M_{эл3}} + x_1. \quad (5)$$



Коэффициент преобразования в этом случае:

$$S_x = \frac{dx}{dx_{эл}} = \frac{x_2 - x_1}{M_{эл3}}. \quad (6)$$

Из формулы (6) следует, что нестабильность S_x , при этом, определяется только нестабильностью меры $M_{эл3}$: $\Delta S_x = \frac{\partial S_x}{\partial M_{эл3}} \Delta M_{эл3} = -\frac{x_2 - x_1}{M_{эл3}^2} \Delta M_{эл3}$, а относительная мультипликативная погрешность равна:

$$\delta_{Sx} = \frac{\Delta S_x}{S_x} = -\frac{\Delta M_{эл3}}{M_{эл3}}. \quad (7)$$

Подставив температурное изменение $\Delta M_{эл3} = M_{эл3} \cdot TKM_{эл3} \cdot \Delta \Theta_{окр. ср}$ в формулу (7), получим:

$$\delta_{Sx} = \frac{\Delta M_{эл3}}{M_{эл3}} = TKM_{эл3} \cdot \Delta \Theta_{окр. ср}. \quad (8)$$

То есть относительная температурная мультипликативная погрешность в этом случае определяется относительным температурным изменением $M_{эл3}$.

В соответствии с формулой (5) изменение $M_{эл1}$ вызывает изменение x :

$\Delta x_{M_{эл1}} = \frac{\partial x}{\partial M_{эл1}} \Delta M_{эл1} = -\frac{x_2 - x_1}{M_{эл3}} \Delta M_{эл1}$, представляющее собой абсолютную аддитивную погрешность. Относительное значение этой аддитивной погрешности, приведённое к диапазону $x_2 - x_1$, определяется выражением:

$$\delta_{0M_{эл1}} = \frac{\Delta x_{M_{эл1}}}{x_2 - x_1} = -\frac{\Delta M_{эл1}}{M_{эл3}}. \quad (9)$$

Подставив в выражение (9) температурное изменение $\Delta M_{эл1}$, получим формулу для определения относительной аддитивной температурной погрешности, которая может быть внесена в результат измерения мерой $M_{эл1}$:

$$\delta_{0M_{эл1}} = -\frac{M_{эл1} \cdot TKM_{эл1} \cdot \Delta \Theta_{окр. ср}}{M_{эл3}}. \quad (10)$$

Из формулы (10) следует, что приведенная относительная аддитивная погрешность в $M_{эл1}/M_{эл3}$ раз отличается от относительной температурной нестабильности меры $M_{эл1}$.

При автокалибровке устраняется влияние изменений неинформативных параметров, участвующих в формировании выходного кода АЦП и калибровочного и рабочего каналов. Поэтому относительная погрешность измерения величины x для рассмотренной системы определяется формулой:

$$\delta_x = \delta_{датчика} + \delta_{ИД} + \delta_{квантования}, \quad (11)$$

где в погрешность имитатора датчика $\delta_{ИД}$ кроме составляющих погрешности, определяемых выражениями (8) и (10), входят составляющие основной по-



грешности, определяемые по формулам (7) и (9) и обусловленные отклонением $M_{эл1}$ и $M_{эл3}$ от номинальных или измеренных значений.

А.В. Графкин, В.В. Графкин, П.В. Печерских

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЛОКАЛЬНОГО МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ ВНУТРИ ПОМЕЩЕНИЙ

(Ассоциация «Электронные системы»,
ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

В настоящее время проблема определения местоположения объекта считается решенной. Широко применяются такие системы как GPS, ГЛОНАСС, есть возможность использования сети GSM для получения текущих координат с определенной точностью (в зависимости от аппаратуры и других факторов точность варьируется от одного до нескольких десятков метров). Работа спутниковых навигационных систем (ГЛОНАСС, GPS и их аналоги) основана на измерении расстояния от антенны приемника до спутников, положение которых известно с большой точностью. Метод измерения расстояния от спутника до антенны приёмника основан на использовании в расчетах скорости распространения радиоволн, в связи с чем затруднено определение местоположения в жилых зданиях или в местности с плотной застройкой (сигнал от спутников затухает, искажается). Кроме всего прочего, существует возможность определения текущих координат объекта, используя сеть WiFi. Это возможно сделать тремя различными методами:

- 1) метод определения ближайшей точки доступа;
- 2) метод триангуляции;
- 3) метод «ВЧ-дактилоскопии».

Первый метод является наиболее грубым и заключается в определении самой ближайшей точки доступа к пользователю, естественно, что погрешность при таком способе крайне велика.

При методе триангуляции в поиске искомого субъекта принимают участие несколько точек доступа, что позволяет существенно повысить точность определения местоположения. Определяются координаты путем очерчивания вокруг каждой точки, которая зарегистрировала пользователя (устройство, имеющее доступ к сети), сферы с радиусом, определяемым уровнем сигнала. С большой вероятностью субъект, координаты которого необходимо определить, будет находится в пересечении таких сфер.

Метод «ВЧ-дактилоскопии» основан на разбиении зоны покрытия сети WLAN (например, здания) на ячейки, образующие координатную сетку с некоторым шагом, и определении того, как будет приниматься сигнал в каждом узле



этой сетки (эмпирически). В зависимости от того, как именно принимается сигнал, можно судить в какой ячейке координатной сетки находится субъект.

Однако, у схем, перечисленных выше, есть свои весомые минусы, среди которых: стоимость (приемников, точек доступа и т. д.) и невозможность определения местоположения внутри здания или местности, где сигнал, идущий от спутника или базовых станций сотового оператора к приемнику, затухает (к минусам можно отнести, также, низкую точность некоторых способов определения координат (GSM)).

Итак, проблема определения местоположения остается до сих пор актуальной, так как существующие решения требуют немалых затрат. В работе для достижения поставленной цели (определения местоположения внутри помещения) используются датчики мобильного устройства (акселерометр, гироскоп, компас). На рынке в настоящее время достаточно много моделей планшетов и сотовых телефонов, обладающих необходимым аппаратным обеспечением.

В пользу актуальности проблемы стоит заметить, что в конце лета 2012 года был сформирован альянс высокотехнологичных компаний, таких как Nokia, Samsung и другие, для решения проблемы определения местоположения внутри помещений, однако, они намерены использовать всё те же сети WiFi и Bluetooth (что является дорогим решением на сегодняшний день).

Результатом работы является приложение для мобильного устройства (сотовый телефон, планшет), используемое физическим лицом в целях навигации в обширных помещениях. Как пример последнего может рассматриваться любой торговый гипермаркет, аэропорт, офисный центр с достаточно разветвленной структурой помещения. Используя продукт, появится возможность найти текущее местоположение пользователя, определить направление движения до интересующего отдела, что заменит использование табличек и карт.

В ходе проделанной работы реализовано приложение, которое позволяет вести сбор информации с датчиков устройства (акселерометра, гироскопа, компаса), а также графически отображать (рисунок 1) значения составляющих ускорений (X, Y, Z - составляющие).

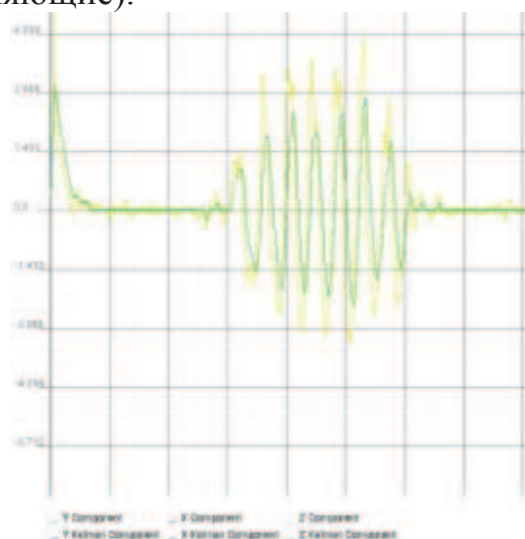


Рис. 1. График зависимости Z-составляющей ускорения от времени



Также реализована фильтрация полученных данных, с целью уменьшения погрешности измерения прибора. В настоящее время ведется работа по оптимизации алгоритма получения координат с целью уменьшения погрешности.

В.В. Графкин

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Каждая организация одной из главных целей в своей работе ставит удовлетворенность потребителей: как внешних, так и внутренних. Наиболее распространенным способом оценки удовлетворенности потребителей является проведение среди них анкетирования и последующего анализа результатов с целью определения выполнения требований потребителей, а также выявления возможностей к улучшению или замечаний по отношению к определенным процессам, функционирующим в организации. В настоящее время на ранке программных продуктов существует множество автоматизированных систем, позволяющих использовать их в качестве инструмента при проведении анкетирования. Однако, существует ряд недостатков, начиная от функционала и заканчивая стоимостью некоторых систем. Данные обстоятельства послужили основанием для создания автоматизированной системы, обладающей следующими возможностями:

- администрирование пользователей (администратор, руководитель организации, анкетлируемые и другие);
- создание шаблонов анкет для определенных типов анкетлируемых с учетом следующих особенностей:
 - одно- или многовариантные ответы;
 - возможность ввода анкетлируемым своего варианта ответа;
 - определение типа вопроса: ответ отражает положительные моменты, отрицательные или нейтрален;
 - возможность добавления вопросов из текстового файла определенного формата;
- проведение анкетирования на основе имеющихся шаблонов анкет;
- анализ результатов анкетирования с учетом следующих возможностей:
 - выбор типа анкетлируемого или типов анкетлируемых в случае существования для них идентичных анкет;
 - выбор анкеты или анкет, определенных для выбранного(-ных) типа(-ов) пользователя(-ей);



- графическое представление результатов анкетирования по конкретным вопросам из выбранных анкет с возможностью установления пороговых значений в процентах числа анкетлируемых, одинаково ответивших на выбранный вопрос или вопросы (в случае многовариантного типа ответа);
- графическое представление результатов анализа выбранных анкет: самые положительные, отрицательные моменты и т.д.

Р.Р. Диязитдинов, Н.Н. Васин

ПРИМЕНЕНИЕ ФИЛЬТРА КАЛМАНА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ОСВЕЩЕННОСТИ

(ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»)

Для систем видеоаналитики важной задачей является обнаружение появляющихся на видеоизображении объектов. Алгоритмы, решающие данную задачу, получили название «вычитания фона». Одной из проблем обнаружения объектов в подобных алгоритмах является нестабильность яркостных характеристик, которые приводят к изменениям освещенности, что увеличивает вероятность пропуска цели и ложного обнаружения. Для борьбы с этим явлением используется компенсация изменений освещенности (см. рис. 1 [1]).



Рис. 1. Обнаружение объектов при изменяющейся освещенности:
без компенсации изменений освещенности (а), с компенсацией (б)

Проблема изменений освещенности приводит к тому, что яркость всего изображения меняется (см. рис. 2). На рисунке показаны два кадра с камеры наблюдения в близкие моменты времени и отмечена область изображения, в которой отсутствуют посторонние объекты (автомобили). Заметно, что на рис. 2 а, область светлее, чем на рис. 2 б. Эту мысль подтверждают и гистограммы яр-



кости этих областей. Из них видно, что гистограмма на рис. 2 г смещена влево относительно гистограммы на рис. 2 в и является «более узкой». Подобное явление имеет место тогда, когда происходит изменение яркости и контрастности изображения.

На рис. 3 построена зависимость между яркостями одних и тех пикселей с двух различных кадров. Как можно видеть из рисунка, зависимость хорошо описывается прямой « $y = \alpha x + \beta$ », где α определяет контрастность, β – яркость освещенности.

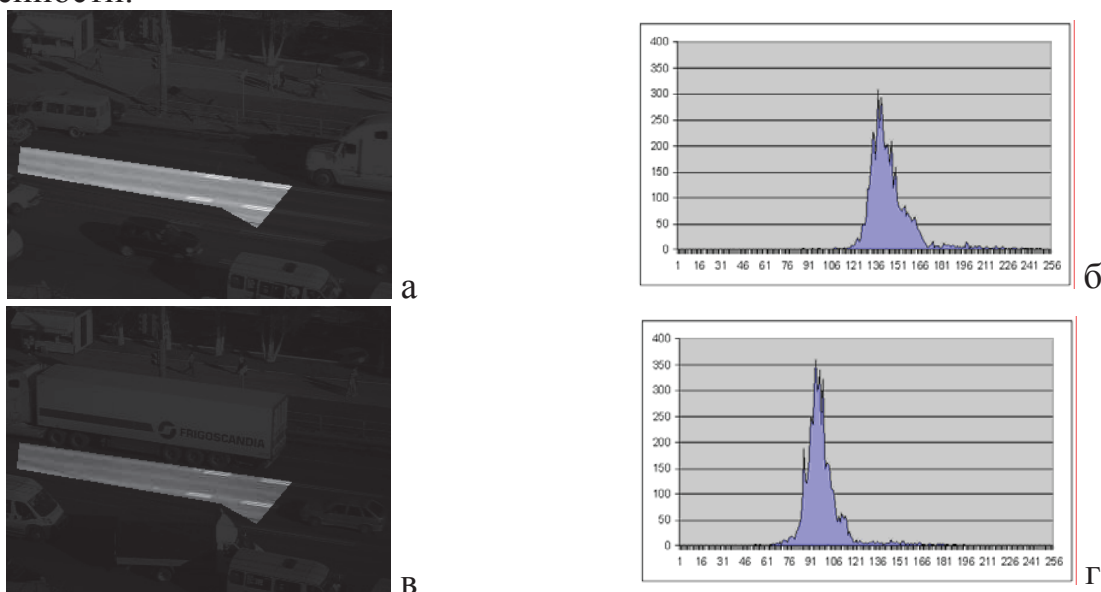


Рис. 2. Изменения освещенности: область изображения (а, в) и их гистограммы (б, г) на двух кадрах, идущих в близкие моменты времени

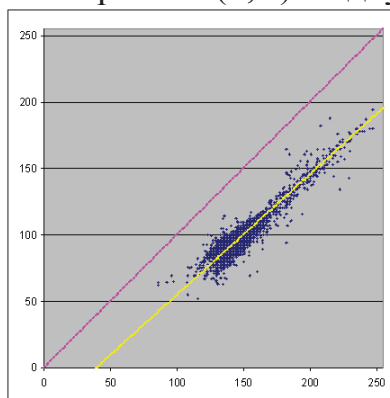


Рис. 3. Точки, выделенные синим цветом, получены следующим образом: координаты X соответствует яркости пикселя на кадре 1 (рис. 2а), координата Y – на кадре 2 (рис. 2в), желтая линия – аппроксимация точек, сиреневая линия соответствует неизменным условиям освещенности

Для решения проблемы изменения освещенности, был разработан алгоритм на основе вероятностных методов, который получил название «байесовского». Подробный вывод выражений байесовского алгоритма описан в статье [2]. Алгоритм состоит из трех этапов (см. рис. 4).

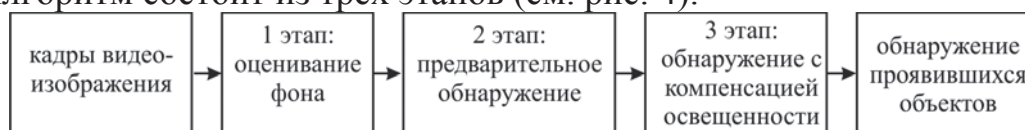


Рис. 4 – Алгоритм вычитания фона с компенсацией освещенности

На первом этапе по последовательности кадров оценивается изображение фона, для каждого пикселя в отдельности с использованием формулы:



$$\hat{m}_b = \arg \max_{m_b} \left[\sum_{i=1}^k \ln(\mathbf{P}\{H_b\} \cdot p(x_i | H_b, m_b) + \mathbf{P}\{H_f\} \cdot p(x_i | H_f)) \right] \quad (1)$$

где $p(x | H_b, m_b)$ и $p(x | H_f)$ – плотности распределения яркостей для «фона» и «объекта контроля» при изменяющейся освещенности; $\mathbf{P}\{H_b\}, \mathbf{P}\{H_f\}$ – априорные вероятности наличия сигнала «фона» и «объекта контроля»; $\hat{m}_b$ – оценка яркости фона; x_i – значение яркости пикселя изображения в i -тый момент времени, $i=1,2..k$, k – количество изображений, используемых для оценки изображения фона.

$$p(x | H_b, m_b) \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi(\sigma_\beta^2 + \sigma_n^2 + \sigma_\alpha^2 m_b^2)}} \times \exp\left(-\frac{(x - m_b)^2}{2 \cdot (\sigma_\beta^2 + \sigma_n^2 + \sigma_\alpha^2 m_b^2)}\right), \quad (2)$$

$$p(x | H_f) = \frac{C_\alpha}{2(f_{\max} - f_{\min}) \cdot \sqrt{2\pi\sigma_\alpha}} \times \int_{\alpha_{\min}}^{\alpha_{\max}} \frac{1}{\alpha} \left[\Phi\left(\frac{x - \alpha \cdot f_{\min}}{\sigma_\beta^2 + \sigma_n^2}\right) - \Phi\left(\frac{x - \alpha \cdot f_{\max}}{\sigma_\beta^2 + \sigma_n^2}\right) \right] \times \exp\left(-\frac{(\alpha - m_\alpha)^2}{2\sigma_\alpha^2}\right) d\alpha \quad (3)$$

где $\Phi(x) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \cdot \int_0^x \exp\left(-\frac{t^2}{2}\right) dt$ – функция Крампа,

σ_α , σ_β – СКО контрастности (α) и яркости (β) изображения при изменении освещенности; $\alpha_{\min}, \alpha_{\max}$ – минимальное и максимальное значение контрастности; $f_{\min}, f_{\max}$ – минимальное и максимальное значение яркости, фиксируемое видеокамерой; σ_n – флуктуации яркости пикселей;

$$C_\alpha = \frac{1}{\int_{\alpha_{\min}}^{\alpha_{\max}} \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_\alpha}} \exp\left(-\frac{(\alpha - m_\alpha)^2}{2\sigma_\alpha^2}\right) d\alpha} - \text{нормирующий множитель.}$$

На втором этапе происходит предварительное обнаружение согласно формулам:

$$\Lambda(x) \geq \eta, \quad \Lambda(x) = \frac{p(x | H_b)}{p(x | H_f)}, \quad \eta = \frac{\mathbf{P}\{H_f\}}{\mathbf{P}\{H_b\}}, \quad (4)$$

где $\Lambda(x)$ – отношение правдоподобия, η – порог обнаружения.

На третьем этапе для определения появления объекта контроля с учетом изменений освещенности, чтобы компенсировать влияние α и β , производится их оценка:

$$\hat{\alpha} = \frac{Z \cdot M - S_x \cdot S_b}{E_b \cdot M - S_b^2}, \quad \hat{\beta} = \frac{E_b \cdot S_x - Z \cdot S_b}{E_b \cdot M - S_b^2}, \quad E_b = \sum_{j=1}^M (m_{b,j}^2), \quad Z = \sum_{j=1}^M (x_j m_{b,j}), \quad S_x = \sum_{j=1}^M (x_j), \quad S_b = \sum_{j=1}^M (m_{b,j}) \quad (5)$$

Для получения качественных результатов обнаружения, используется итерационная процедура, при которой несколько раз оцениваются $\hat{\alpha}$, $\hat{\beta}$, которые используются для повторного обнаружения. Недостатком данной процедуры является низкая скорость обработки вследствие «итерационности». Для по-



вышения скорости обработки был использован фильтр Калмана, позволяющий оценивать параметры $\hat{\alpha}$, $\hat{\beta}$ «за один проход».

На рис. 5 представлены временные графики α и β . Как видно из представленных графиков, функции представляют собой случайный процесс, при этом приращение функции при переходе от кадра к кадру достаточно мало. Чтобы определить характер приращений, вычислим разность в соседних отсчетах и построим их гистограммы (см. рис. 6). Как видно из гистограмм, приращения имеют распределения в виде колокола и напоминают нормальное распределение. С учетом этого, фильтр Калмана будет эффективным для оценки параметров α и β .

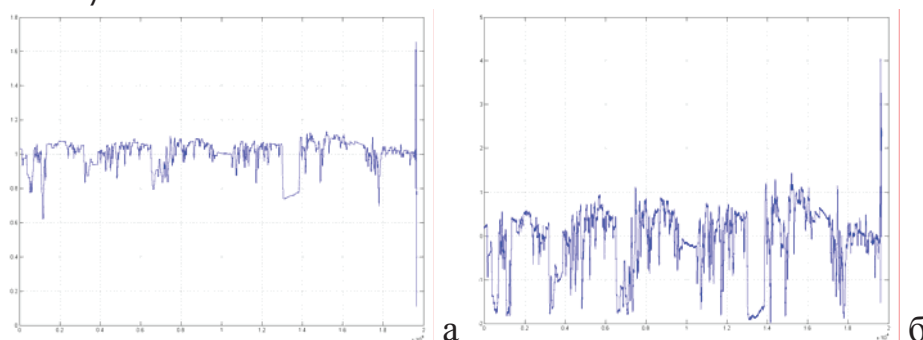


Рис. 5. Графики контрастности α (а) и яркости β (б) от номера кадра

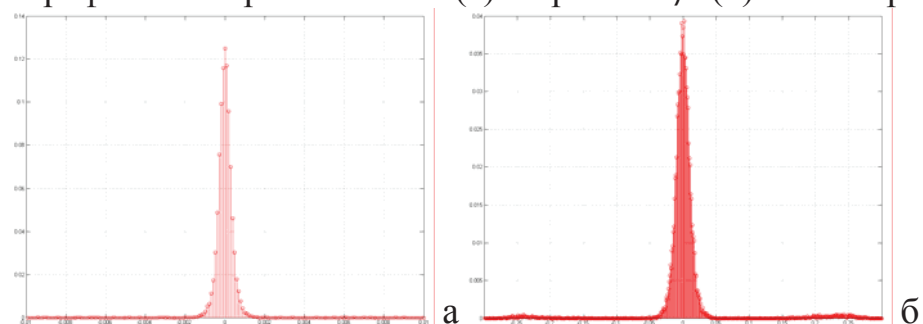


Рис. 6. Гистограммы приращений контрастности α (а) и яркости β (б)

Фильтр Калмана для одного параметра имеет вид:

Предсказание:

$$\hat{x}_k^- = F\hat{x}_{k-1} + Bu_{k-1}$$

$$P_k^- = FP_{k-1}F + Q$$

Корректировка:

$$K_k = \frac{P_k^- H}{HP_k^- H + R}$$

$$\hat{x}_k = \hat{x}_k^- + K_k(z_k - H\hat{x}_k^-)$$

$$P_k = (1 - K_k H)P_k^-$$

F – матрица перехода между состояниями, B – матрица управляющего воздействия, $\hat{x}_{k-1}^-$ – состояние системы в прошлый момент времени, $\hat{x}_k^-$ – состояние системы в текущий момент времени, P_k^- – предсказание ошибки, P_{k-1} – ошибка ковариации в прошлый момент времени, H – матрица определяющая отношение между измерениями и состоянием системы, R – ковариация шума измерения, K_k – усиление Калмана, z_k – измерение в текущий момент времени

Для контрастности α , были подобраны параметры фильтра Калмана:

$$F = [1], Q = [0,001], H = [1], R = [0,003], B = [0].$$

Аналогично, для яркости β :



$$F = [1], Q = [0,017], H = [1], R = [0,040], B = [0].$$

Как показали опыты, использование фильтра Калмана позволило увеличить скорость обработки, при этом результаты обнаружения практически не изменились в сравнении с итерационной процедурой.

Литература

1. ZuWhan Kim, Real Time Object Tracking based on Dynamic Feature Grouping with Background Subtraction, CVPR 2008.

2. Диязитдинов Р.Р. Алгоритм оценивания заднего плана и обнаружения движущихся объектов по критерию байесовского среднего риска при съемке стационарной камерой, Т-Comm, № 10, г. Москва, 2011

Р.К. Захаров

МЕТОД КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОСНОВАННЫЙ НА МОДИФИЦИРОВАННОМ ДЕСКРИПТОРЕ КОНТЕКСТА ФОРМЫ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Введение

В данной работе стоит задача продемонстрировать алгоритм распознавания изображений, в качестве баз данных изображений были взяты данные с международного конкурса по распознаванию изображений The PASCAL Object Recognition Database Collection Visual Object Classes – 2007 и CalTech dataset. Ниже на рис. 1 представлен пример тестового изображения.



Рис. 1. Пример тестового изображения из базы данных PASCAL VOC - 2007

В работе представлен подход для распознавания изображений. Каждый объект характеризуется набором дескрипторов, которые описывают всё изображение.

Постановка задачи

Общая постановка задачи распознавания образов следующая. Предполагается, что имеется M изображений каждого из K объектов. Каждое изображение представляется вектором $x = [x_1, x_2, \dots, x_N]^T$ размерности N , где $x_1, x_2, \dots, x_N$ – признаки. Векторы, соответствующие изображениям одного объекта, составляют класс. Совокупность векторов признаков всех классов образует обучающую



выборку. Решение задачи распознавания состоит в конструировании решающей функции $f: R^N \rightarrow \{0, 1, \dots, K\}$, которая каждому вектору x ставит в соответствие некоторый класс. Для уменьшения числа неправильных классификаций вводится также класс с номером 0, соответствующий отказу в распознавании.

Качество распознавания, зависит от выбора системы признаков. Наряду с выбором системы признаков большую роль играют также используемая при распознавании мера близости и построенное на ее основе решающее правило.

Для решения задачи распознавания и поиска объектов на изображении широко используется машина опорных векторов[4], а в качестве признаков наиболее популярными являются гистограммы ориентированных градиентов(HOG)[6], также часто используют метод Viola-Jones[3], который показывает хорошие результаты для отслеживания человеческих лиц в кадре, и различные методы, основанные на комбинировании алгоритмов.

В настоящей работе ставится задача провести исследования модифицированного алгоритма основанного на дескрипторе контекста формы. Метод, основанный на дескрипторе контекста формы, впервые ввели Serge Belongie и Jitendra Malik в работе[2] в 2000 году. Данный дескриптор широко используется в задачах распознавания цифр, букв он показывал высокую надёжность распознавания на базе данных MNIST.

Новизна работы заключается в модификации классического алгоритма основанного на дескрипторе контекста формы к задаче распознавания изображения. Распознавание происходит не самого объекта, а набора дескрипторов для изображения. Для построения дескрипторов используется не контуры, а особенности изображения то есть выделяются ключевые точки и по ним строится дескриптор формы. После построения дескрипторов происходит классификация, а затем на основе данной классификации принимается решение, какому классу распознаваемых объектов принадлежит изображение.

Описание алгоритма основанного на модифицированном дескрипторе контекста формы

Предлагаемый метод основан на дескрипторе контекста формы. На рис. 2. изображена общая схема классификации для предлагаемого метода

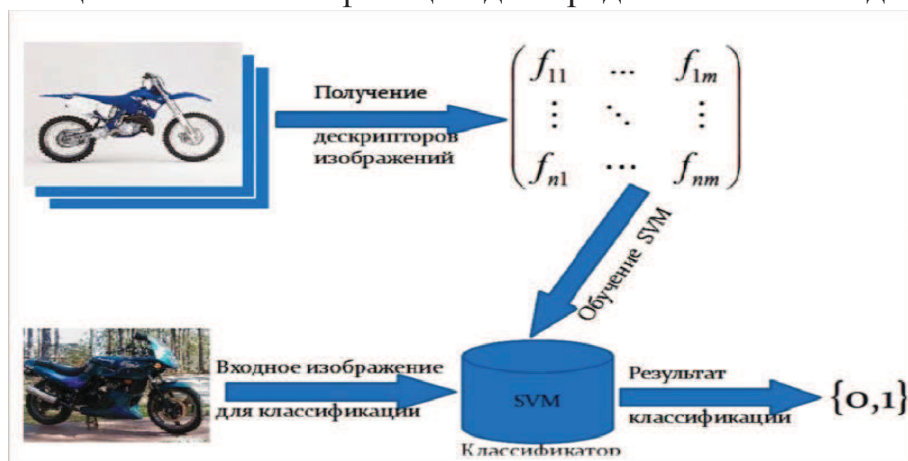


Рис. 2. Общая схема классификации на основе SVM для распознавания изображений



Далее опишем метод формирования матрицы дескрипторов. На рис. 3. схематично представлен сам метод формирования дескриптора

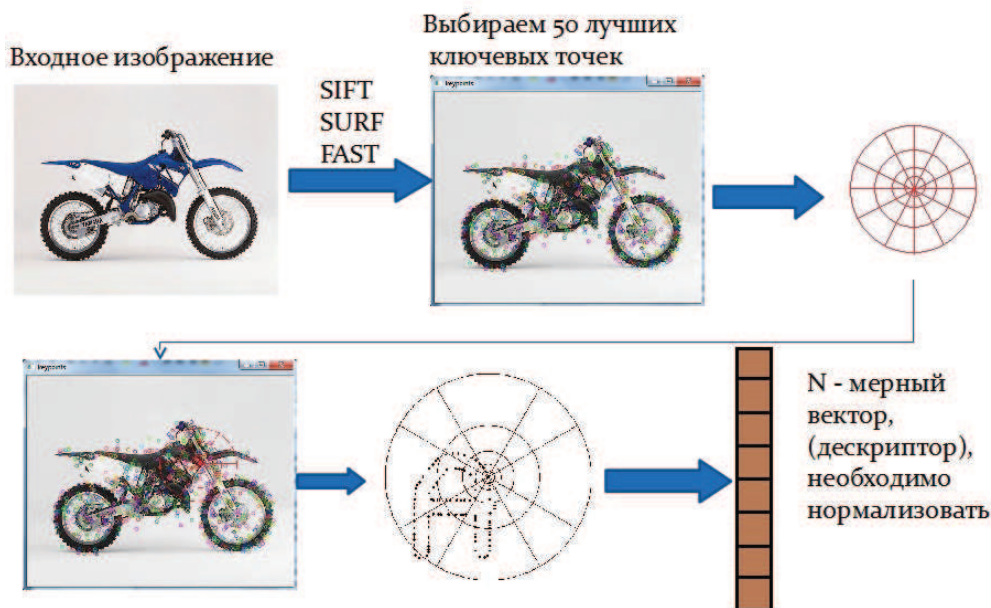


Рис. 3. формирование дескриптора для описания изображения

Разберём каждый из этапов чуть более подробно

Процедура формирования дескриптора:

1. На вход поступает изображение.
2. Строим пирамиду изображений, в данном методе было построено из одного входного изображения ещё два дополнительных. Одно имело размер в два раза меньший исходного другое же в два раза больший.
3. Выделяем ключевые особенности на изображениях (для выделения можно использовать любой алгоритм) в данной работе был использован метод SURF(Speeded Up Robust Features)
4. Выбираем 50 лучших ключевых точек. Из трёх изображений, было сформировано 3-и облака точек, сравнивая их между собой, возьмём самые лучшие точки, которые наиболее хорошо описывают объект
5. Дескриптор формы разделённый на 48 бинов вычисляется для каждой ключевой точки.
6. Объединяем все дескрипторы, полученные для ключевых точек, и получаем один выходной дескриптор, который описывает изображение.

После того как дескриптор был сформирован подаём его на вход классификатора и он его классифицирует как распознаваемый объект или объект не принадлежащий ни одному распознаваемому классу объектов.

Сравнение метода Shape Context с предлагаемым методом

Ниже представлена таблица 1. с основными отличиями в подходах в Shape Context и исследуемом методе.

Выделение ключевых точек более точно характеризует сам объект, а не всё изображение с фоном. На этапе классификации SVM работает быстрее чем Hungarian method за счёт того что скалярно перемножается вектор с весовыми



коэффициентами на дескриптор, а Hungarian method производит перебор всех пар точек.

Таблица 1. Сравнение подходов в формировании дескриптора и методов их распознавания

Shape Context	Исследуемый метод
Выделяет контуры объекта	Выделяет ключевые точки и выбирает лучшие
Распознавание происходит с помощью Hungarian method	Для распознавания обучается классификатор SVM

Результаты экспериментов

Для тестирования была выбрана база данных с международного конкурса по анализу изображений PASCAL VOC - 2007 (Pattern Analysis Statistical Modeling and Computational Learning Visual Object Classes - 2007)

Ниже приведём таблицу с лучшими результатами конкурса и сравним с исследуемым методом

Таблица 2. Сравнение методов распознавания изображений на 2-х классах

Методы / классы изображений	Автомобиль	Мотоцикл
Исследуемый метод	0.80	0.83
INRIA Genetic	0.780	0.640
XRCE	0.754	0.585

Заключение

В работе представлен подход для распознавания изображений с использованием дескриптора контекста формы. Исследуемый метод является модификацией классического метода основанного на дескрипторе контекста формы для изображения. Метод является достаточно эффективным и надёжным для распознавания объектов на изображениях.

Литература

1. Belongie S., Malik J. Matching with shape contexts // IEEE Workshop on Contentbased Access of Image and Video Libraries (CBAIVL-2000), 2000
2. Belongie S., Malik J., and Puzicha J. Shape matching and object recognition using shape contexts // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence 24 (24):509 521.DOI : 10.1109 / 34.993558, 2002
3. Viola and Jones Rapid object detection using a boosted cascade of simple features // Computer Vision and Pattern Recognition, 2001
4. John C. Platt Sequential minimal optimization: a fast algorithm for training support vector machines // Microsoft Research jplatt@microsoft.com Technical Report MSR-TR-98-14 April 21, 1998
5. Lowe, David G. Object recognition from local scale-invariant features // Proceedings of the International Conference on Computer Vision. 2. pp. 1150–1157. DOI:10.1109/ICCV.1999.790410, 1999
6. Dalal N., Triggs W. Histograms of oriented gradients for human detection // IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition CVPR05, 2005. – Vol. 1(3). – pp. 886 – 893



В.Г. Иоффе, А.С. Скрыпка

ОЦЕНОЧНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ MCS51

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Наиболее простыми и дешевыми средствами разработки и отладки программных и аппаратных средств контроллеров на базе ОМК являются совместное использование симуляторов и оценочных плат (EVB) или модулей (EVM).

Программа, отлаженная на ЭВМ с помощью эмулятора, по каналу связи загружается во внешнее ОЗУ оценочного модуля ОМ, а далее производится отладка с учетом реальных характеристик ОМК и периферийных устройств.

Оценочные модули могут использоваться в качестве автономных устройств или локальных контроллеров автоматизированных систем.

В настоящее время рынок оценочных модулей ОМ достаточно широк и продолжает интенсивно развиваться.

Недостатками многих оценочных модулей является использование части ресурсов ОМК для организации взаимодействия с пользователем и ПЭВМ, что делает эти ресурсы недоступными в процессе отладки системы, применение «старых» интерфейсов, не содержащих линий питания (RS-232, IEEE-1284), и так далее.

Поэтому при проектировании ОМ были поставлены следующие задачи: создание простого, дешевого и надежного модуля с минимальным составом электронных компонентов, минимальное использование при работе резидентных ресурсов ОМК, возможность связи с ПЭВМ через наиболее распространенный последовательный интерфейс, использование имитатора (эмулятора) ПЗУ с целью сокращения количества циклов перезаписи резидентной памяти программ, расширение функциональных возможностей за счет присоединения внешних устройств, возможность интеграции в различные автоматизированные системы, дружественный интерфейс пользователя, позволяющий выполнять разработку программ с различными симуляторами, загрузку программ и данных в память ОМ, её верификацию и редактирование, работу с точками останова, трассировку программ.

В соответствии с этой идеологией был разработан оценочный модуль MCE51, предназначенный для разработки и отладки устройств на основе ОМК с архитектурой MCS-51.

Упрощенная структурная схема оценочного модуля приведена на рисунке 1. Взаимодействие с ПЭВМ выполняется через интерфейс USB. Использование в качестве канала связи USB расширяет круг ПЭВМ, в которых может применяться MCE51, обеспечивает модуль источником питания и позволяет использовать богатые функциональные возможности этого интерфейса.



В качестве согласующего устройства выбрана микросхема FT232RL фирмы FTDI, обеспечивающая связь по USB с последовательным портом UART ОМК на скоростях до 1Мбита/с, в ОМ используется 768 Кбит/с.

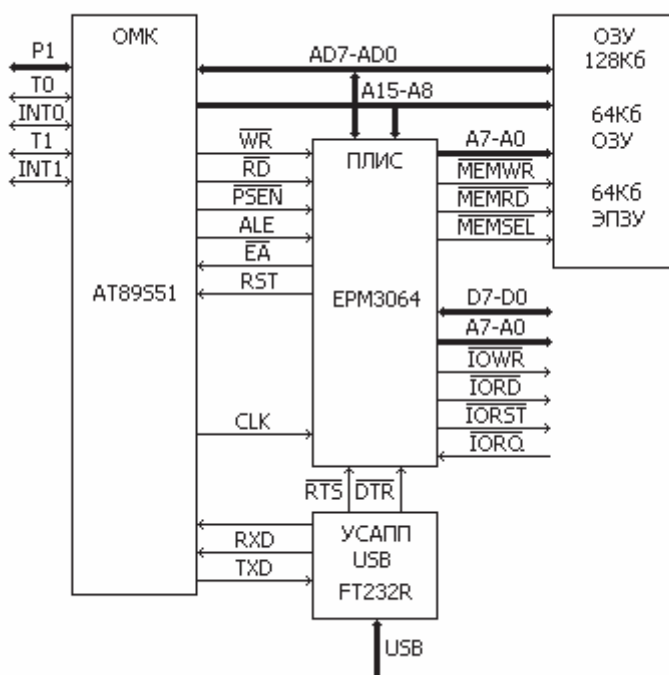


Рис. 1. Упрощенная структура оценочного модуля MCE51

К основным достоинствам этого преобразователя относятся: управление скоростью обмена в диапазоне от 300 бит/с до 1Мбит/с, совместимость с версиями USB1.1 и USB2.0, наличие доступного программного обеспечения для программирования и драйверов для работы с различными операционными системами: Windows от 98 до Vista, MAC OS-8/9/x, Linux 2.40 и выше.

В оценочном модуле используется ОМК AT89S51 фирмы Atmel, выполненный на основе статической логики, в состав которого входят флеш ПЗУ 4 КБ, два регистра DPTR, сторожевой таймер, резидентный канал программирования на основе интерфейса SPI. Частота тактового генератора 2,048 МГц.

Отлаживаемая программа и данные в виде hex-файла размещаются во внешнем ОЗУ, объем которого 128 Кбайт. Младшие 64 КБ предназначены для хранения программ, а старшие – данных.

В режиме загрузки младшие 64КБ используются как внешняя память данных и загружаются по последовательному интерфейсу из ПЭВМ загрузчиком, размещенным в резидентной памяти программ ОМК, а после завершения загрузки рассматривается как внешняя память программ. Резидентная память программ в процессе отладки не используется.

При такой организации все ресурсы микроконтроллера, включая 64КБ внешней памяти программ и 64КБ внешней памяти данных, доступны пользователю и не задействованы для организации загрузки, верификации программ и так далее. Даже последовательный интерфейс (например, шина USB), используемый загрузчиком, в режиме исполнения полностью доступен отлаживаемому микропрограммному обеспечению пользователя.



Переключение режимов производится сигналом ЕА, который формируется системным контролером на основе сигналов RST и DTR FT232RL.

Функцию формирования требуемых входных и выходных сигналов выполняет системный контроллер на основе программируемой логической интегральной схемой (ПЛИС).

В оценочном модуле используется относительно простая и недорогая микросхема EPM3064ATC100 фирмы Altera, которая выполняет следующие функции: формирование сигналов шины адреса и данных, управления памятью, внешними устройствами, режимом работы ОМК. Перечисленные функции занимают порядка 25% ресурсов ПЛИС. Остальные ресурсы могут использоваться в процессе модернизации оценочного модуля. Программирование ПЛИС осуществляется через интерфейс JTAG.

Связь с внешним оборудованием реализуется через разъемы, на которые выводятся: порты P0 (шина данных), P1, P3 (T0, T1, INT0, INT1, RD, WR), сигнал сброса RST, буферизированные разряды шины адреса A0, A1, A2, A3, сигналы выборки внешних устройств FFC0h, FFD0h, FFE0h, FFF0h и формирователя битового сигнала W/R – STR, напряжение питания +5В, +3,3В.

Это позволяет отлаживать программы оценочного модуля в режиме микропроцессора (с внешними шинами адреса, данных и управления), используя также порты P1 и P3.

Разработан программный интерфейс, позволяющий в диалоговом режиме выполнять отладку программ пользователя.

Оценочный модуль в течение нескольких лет используется в лабораторных работах. С его помощью изучаются принципы программирования, способы ввода-вывода, особенности сопряжения ОМК с внешними периферийными устройствами.

Внешние периферийные устройства включают модули: клавиатуры, алфавитно-цифрового жидкокристаллического индикатора, серводвигателя, шагового двигателя, аналого-цифрового преобразователя, инфракрасного приемопередатчика. Количество модулей может быть расширено за счет присоединения их к внешней системной шине данных.

В настоящее время разработан ОМ с расширенными функциональными возможностями на базе более современного микроконтроллера AT89S8253.

К.Е. Климентьев, Р.А. Помянский

ТРИ ПОДХОДА К МОДЕЛИРОВАНИЮ СЕТЕВЫХ ЭПИДЕМИЙ

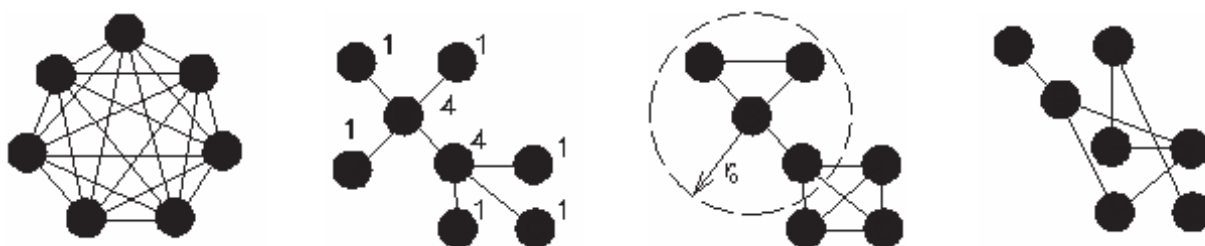
(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

1. Общая характеристика задачи. Задача моделирования распространения мобильных агентов в сетях известна давно /2/, но вызвала к себе повышенный интерес после массовых эпидемий червя CodeRed II в 2001-2002 гг /4/. В



настоящее время под «мобильными агентами» понимаются не только болезнетворные микроорганизмы, но и вредоносные программы в адресном пространстве Интернета, информационные сообщения в социальных сетях и т.п. Целью моделирования является:

- выявление факторов, влияющих на динамику распространения;
- изучение возможности управления динамикой путем изменения действующих факторов и внесения новых.



а) Гомогенный

б) Безмасштабный

в) Геометрический

г) граф Радо

Рис. 1. Примеры графов, применяемых для моделирования технических сетей

В качестве моделей сетей принимаются графы с маркированными вершинами и дугами (см. рис. 1). При этом /1,4/:

- узлы отождествляются с отдельными объектами, на множестве которых возможно «эпидемическое» распространение мобильных агентов (настольные и планшетные компьютеры, смартфоны и т.п.);
- пометка узла - с состоянием, приписанным объекту (например, I – «здоровый»; S – «зараженный»; R – «здоровый», но не подверженный заражению; E – «зараженный», но не подверженный «лечению» и т.п.);
- наличие дуги и ее ориентация - с возможным направлением перемещения или копирования «метки» от одного узла к другому;
- числовые значения, приписанные узлам, - с техническими факторами, влияющими на динамику распространения агентов (например, с пропускной способностью линий связи).

2. Аналитические методы решения. Модели размножения мобильных агентов на «гомогенных» сетях (см. рис. 1,а) восходят к прототипам, разрабатываемым с конца XIX века для изучения эпидемий и эпизоотий среди людей и животных /2/. В общем случае, они описываются системами дифференциальных уравнений вида:

$$\begin{cases} \partial I / \partial T = F(I, S, R) \\ \partial S / \partial T = G(I, S, R) \\ \partial R / \partial T = H(I, S, R) \end{cases} \quad (1)$$

где T – время; I – множество инфицированных, S – множество здоровых, R – множество «вылеченных» узлов; F , G и H – некоторые функции. Наиболее простые модели на «гомогенных» графах (например, с уравнениями Мальтуса и Фергюльста) решаются аналитически, однако уже модели типа Кермака-



МакКендрика - только численно. Чаще всего объектом изучения на аналитических моделях является асимптотическое поведение мобильных агентов – т.е. на интервале времени, стремящемся к бесконечности, и в сетях с однородной структурой. При этом игнорируются, например, неоднородность сети, непостоянство условий во времени и т.п.

3. Имитационные модели. Наиболее общие методы исследования эпидемий мобильных агентов основаны на имитационных моделях /4/. Такой подход позволяет избавиться от недостатков, присущих аналитическим моделям, учесть большинство факторов и исследовать степень их влияния на развитие эпидемий. Однако, он требует повышенного внимания к соблюдению требований по адекватности результатов моделирования и, как следствие, наличия как априорной, так и апостериорной информации о параметрах реальных сетей и характеристиках реальных эпидемий.

4. Натурное моделирование эпидемий. Проблема получения исходных данных для имитационных моделей и оценки достоверности результатов моделирования может быть решена либо мониторингом сети /4/, либо применением натуральных моделей – ограниченных сегментов реальных сетей, в которых распространяются реальные мобильные агенты /3/. Силами преподавателей и студентов факультета информатики СГАУ реализована среда для натурного моделирования распространения мобильных агентов в компьютерных сетях. В отличие от аналога, описанного в /3/, она:

- легко масштабируема, позволяет сужать и расширять масштабы сети;
- использует не реальные вредоносные программы, а их «имитаторы» в виде программ на скриптовом языке;
- легко конфигурируема, позволяет варьировать параметрами эксперимента (топологией сети, средней скоростью размножения и удаления, алгоритмом поиска адресов для перемещения и пр.).

5. Пример применения. Требуется исследовать распространение вредоносных программ в «гомогенной» (см. рис. 1, а) вычислительной сети из $N = 34$ компьютеров с номинальной пропускной способностью 100 Мбит/с. Количество экземпляров вредоносной программы в начальный момент времени $I_0 = 1$, средняя скорость размножения $\beta = 0.07$ ед./сек., поиск адреса для заражения – случайный, «исцеление» зараженных узлов невозможно. Такие условия соответствуют SI-модели эпидемии с ресурсными ограничениями, описываемой дифференциальным уравнением Фергюльста, имеющим решение

$$I(t) = 1 / \left[\frac{1}{N} + \frac{1}{\beta} \exp(-\beta \times (t + C)) \right] \quad (2)$$

где $C = -\ln(\beta / I_0 - \beta / N) / \beta$. Всего было проведено по 10 натуральных и имитационных экспериментов, результаты усреднены по множеству реализаций. Кроме того, по (2) был произведен расчет логистической S-кривой с заданными параметрами. Кривые эпидемий, полученные в результате применения трех различных моделей, приведены на рис 2.

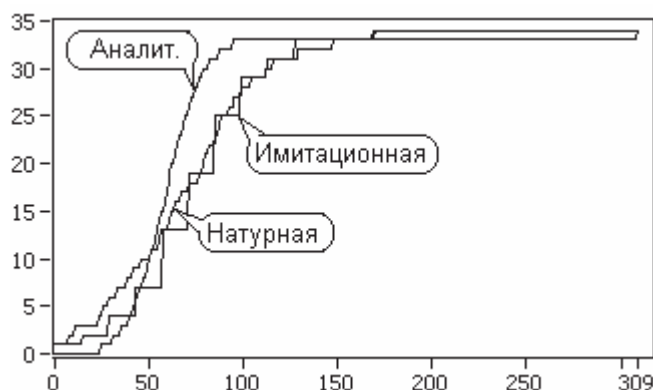


Рис. 2. Результаты применения трех разных моделей

Максимум относительной погрешности приближения составил $\varepsilon = 0.09$. Анализ результатов позволяет сделать вывод о практической возможности получения априорных данных об условиях протекания эпидемий путем натурального эксперимента и использования их в моделях других видов.

Литература

1. Kephart J.O. How topology affects population dynamics // Artificial Life III. Redwood City, Addison-Wesley, 1994
2. Братусь А.С., Новожилов А.С., Платонов А.П. Динамические системы и модели биологии. – М.: Физматлит, 2010
3. Монахов Ю.М., Мигачева И.А. Экспериментальное исследование распространения вредоносной программы по компьютерной сети / в сб.: Комплексная защита объектов информатизации: Комитет по информатизации, связи и телекоммуникациям Администрации Владимирской области, 2008
4. Zou C.C., Gong W., Towsley D. Code Red worm propagation modeling and analysis // 9th ACM Symposium on Computer and Communication Security, Washington DC, 2002. – pp. 138 – 147

Милюткин М.Г.

СОЗДАНИЕ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ ОПИСАНИЯ ПРОТОКОЛОВ МАРШРУТИЗАЦИИ

(ФГБОУ ВПО «Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»)

В настоящее время маршрутизаторы производятся с аппаратно-фиксированным количеством протоколов маршрутизации. Сетевые инженеры делают все возможное при решении проблем маршрутизации и связности узлов сети, используя при этом не такой уж большой набор методов. Для IP-unicast маршрутизации это означает, что решения подобных проблем должны использовать только статическую маршрутизацию вместе со



стандартизированными динамическими протоколами маршрутизации (RIP, OSPF, IS-IS, BGP) или коммерческим протоколом Cisco Systems EIGRP. Хотя BGP изначально был разработан как междоменный протокол маршрутизации, в настоящее время он используется в больших корпорациях в качестве внутрисетового протокола маршрутизации (не путать с использованием внутреннего BGP – IBGP, являющимся основным компонентом междоменной маршрутизации).

BGP полезен в качестве IGP потому, что он предоставляет более иерархичную структуру и дает возможность реализовать четко обозначенные административные границы — что часто необходимо в географически разбросанных и административно разнородных сетях. Не менее важен факт того, что традиционные IGP все основаны на алгоритмах кратчайших путей со строгими ограничениями в терминах контроля политик над маршрутизацией. Например, используя маршрутизацию по методу кратчайшего пути, трудно реализовывать разные политики для разных направлений. Говоря кратко, BGP используется в качестве IGP не потому, что он настолько идеален, а потому, что он доступен, имеет ярко выраженные механизмы контроля политик, может быть использован для реализации административных границ, и, что не менее важно, он хорошо масштабируется. Не говоря уже о трудностях разработки и развертывания новых протоколов маршрутизации [1], или даже небольших изменений существующих протоколов. Если оставить в стороне трудоемкий процесс стандартизации, останется факт того, что очень трудно разрабатывать хорошо работающие протоколы с изолированным контролем политик, так необходимые в задачах внутрисетовой маршрутизации во многих больших корпоративных сетях.

Однако, этот подход является не совсем корректным во многих отношениях, так как BGP не имеет гарантий сходимости. Более того, когда BGP используется в качестве IGP, политики маршрутизации имеют меньше ограничений по сравнению с внутрисетовой маршрутизацией, где стандартные политика типа «отдавать приоритет сначала маршрутам заказчика, затем маршрутам узлов и только затем маршрутам провайдеров» обеспечивают как минимум частичную защиту от расхождения протоколов [2]. Но если оставить в стороне расхождения протоколов, видно, что взаимодействие политик в BGP может привести к множеству стабильных решений, некоторые из которых были запланированы авторами политик, некоторые нет, и, когда система маршрутизации заклинивает в нежеланном маршруте, очень трудно производить ее отладку.

Как сделать из аппаратно фиксированного протокола гибкий протокол? Очевидно, что надо получить возможность программно его менять. Для этого можно предложить несколько подходов. Суть первого подхода состоит в том, чтобы выделить элементарные операции маршрутизатора и построить поверх него фреймворк на одном из высокоуровневых языков — для такой системной задачи подходит язык C. В дальнейшем, для программирования на каком-либо языке непосредственно логики протокола можно использовать этот фреймворк



как библиотеку. В итоге имеем полную гибкость настройки протоколов маршрутизации. Минус этого подхода в том, что здесь необходимо иметь знания языков программирования C/C++ - то есть этот подход пригоден скорее для программиста, чем для сетевого инженера.

Второй подход стоит несколько ближе к не-программисту. Опять же берется набор атомарных действий машинного языка маршрутизатора и оборачивается в некий фреймворк с той разницей, что здесь фреймворк – не просто библиотека атомарных действий, обернутая в высокоуровневый язык, а нечто более содержательное, с примитивной логикой и пр. Для чего делать фреймворк сложнее? Для того, чтобы затем добавить сверху слой скриптования. Скриптовые языки создаются преимущественно для не-программирующей аудитории или для людей, которые понимают основы программирования и не хотят углубляться в детали. На скриптовом языке задаются некие параметры, исходные данные, которые затем обрабатываются фреймворком промежуточного уровня, создающим непосредственно логику протокола.

Третий подход является наиболее сложным и при этом наиболее гибким. Зададимся вопросом – а если сделать свой язык программирования протоколов?

Создание языка программирования, вообще говоря, представляет собой нетривиальную задачу, поскольку, прежде всего, требует проектирования, реализации и оптимизации соответствующего транслятора. Задачи, которые приходится решать с помощью компьютерных программ, крайне многообразны по своим предметным областям и для их решения требуются порой совершенно разные методики, разные подходы, что нашло свое непосредственное отражение в конкретных языках программирования. Каждый язык программирования представляет собой по сути инструмент, основанный на одной или нескольких таких методиках. Такие методики (подходы) называют также парадигмы программирования. На самом деле разные парадигмы программирования закладывали основу в разные языки программирования, каждый из которых создавался для решения своего типа задач.

Парадигма программирования (по-другому ее еще принято называть подход к программированию) в самом общем смысле – это фундаментальный стиль программирования вычислительных систем. На сегодняшний день существует множество различных парадигм [3], однако среди них можно выделить фундаментальные парадигмы, являющиеся базовыми для всех остальных, основанные каждая на своей математической теории (см. Табл. 1).

Таблица 1. Фундаментальные парадигмы программирования

Парадигма	Теоретическое основание
Объектно-ориентированное программирование	Машина Тьюринга
Императивное программирование	
Функциональное программирование	Лямбда-исчисления
Логическое программирование	Исчисление предикатов (логика первого порядка)



Фундаментальные парадигмы можно в самом общем смысле разделить на два различных по смыслу подхода – императивный и декларативный.

В декларативном подходе программист указывает что нужно сделать, не указывая при этом как это следует сделать. Таким образом, декларативный подход представляет собой уровень, независимый от особенностей платформы реализации. По этой причине декларативный подход наиболее предпочтителен для задач маршрутизации, так как освобождает сетевого инженера от необходимости прорабатывать детали выполнения нужной операции.

Таким образом, возможно определить протокол маршрутизации в декларативном высокоуровневом стиле. В данном случае необходимо лишь реализовать на маршрутизаторе транслятор для декларативного языка маршрутизации, чтобы запускать в действие таким образом заданный протокол.

Это позволит сетевому инженеру определять новый протокол маршрутизации самостоятельно и затем использовать его. Транслятор будут преобразовывать код такого языка напрямую в машинный код микропроцессора, под управлением которого работает маршрутизатор, либо в нечто более высокоуровневое: некий промежуточный язык, либо фреймворк. Такой подход даст максимальную гибкость в управлении маршрутизатором, однако он является наиболее затратным с точки зрения практического воплощения.

Во всех трех подходах имеется одна общая идея – все в итоге транслируется в машинный код микропроцессора маршрутизатора. Следовательно, важно тщательно исследовать элементарные операции и архитектуру такого процессора, так как именно над этими действиями будет строиться логика любого из вышеперечисленных подходов.

Литература

1. Полукаров Д.Ю. Нечеткая аппроксимация метрики протокола IGRP // Инфокоммуникационные технологии, 2006, Т. 4. – № 4. – с. 51 – 54
2. Lixin Gao, Jennifer Rexford, Stable Internet routing without global coordination. IEEE/ACM Transactions on Networking, 2001. – p. 681 – 692
3. http://en.wikipedia.org/wiki/Programming_paradigm

А.А. Минаев, А.В. Скользнев, Р.С. Суфиев, И.Д. Ибатуллин

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)», ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»)

В докладе описываются результаты работы по созданию автоматизированной системы управления универсальным диагностическим комплексом по



проведению исследований для оценки качества поверхностей, разработанным в Самарском государственном техническом университете. В рамках выполненной работы необходимо было решить проблемы управления системой сбора данных и привода диагностического комплекса, датчиками нормальной и касательной нагрузок, а также датчиком вертикальных перемещений индентора; системой сбора данных и исполнительными механизмами – шаговыми двигателями привода стола, траверсами, каретками и нагружением индентора.

В состав разработанной схемы были включены:

- Программируемый блок управления шаговыми двигателями SMSD-4.2-2 шт;
- Встраиваемый микроконтроллерный модуль TE-STM32F107 – 1 шт;
- Модуль усиления управляющих сигналов – 2шт;
- Модуль коммутации электропитания блоков управления шаговыми двигателями – 1 шт;
- Блок питания с выходным напряжением 24В – 1 шт;
- Блок питания с выходным напряжением 5В – 1 шт;
- Стабилизатор напряжения микроконтроллера – 1 шт;
- Делитель напряжения – 1 шт;

Программируемый блок управления шаговыми двигателями SMSD-4.2 предназначен для управления работой шаговых двигателей с максимальным током питания каждой из фаз двигателя не более 4,2 А по заданной программе в ручном режиме или в режиме драйвера. Встраиваемый микроконтроллерный модуль TE-STM32F107 осуществляет управление программируемыми блоками управления шаговыми двигателями и обрабатывает управляющие Ethernet-кадры, приходящие от ЭВМ.

Модули усиления управляющих сигналов предназначены для усиления электрических сигналов, контролирующих работу блоков управления шаговыми двигателями встраиваемым микроконтроллерным модулем. Также в схему был включен модуль коммутации электропитания блоков управления шаговыми двигателями. Модуль коммутации электропитания блоков управления шаговыми двигателями предназначен для коммутации напряжения, поступающего с одного из электроприводов, на выбранный шаговый двигатель.

Блок питания с выходным напряжением 24В осуществляет подачу напряжения на блоки управления шаговыми двигателями. Блок питания с выходным напряжением 5В осуществляет подачу напряжения на модули усиления управляющих сигналов и модуль коммутации электропитания блоков управления шаговыми двигателями. Стабилизатор напряжения микроконтроллера предназначен для преобразования входного напряжения с блока питания номиналом 24В, в выходное напряжение 9В. Делитель напряжения предназначен для трансформации входного напряжения номиналом 24В в выходное напряжение номиналом 12В, предназначенного для питания схем усиления датчиков.

Функциональная схема системы управления двигателями представлена на рисунке 1.

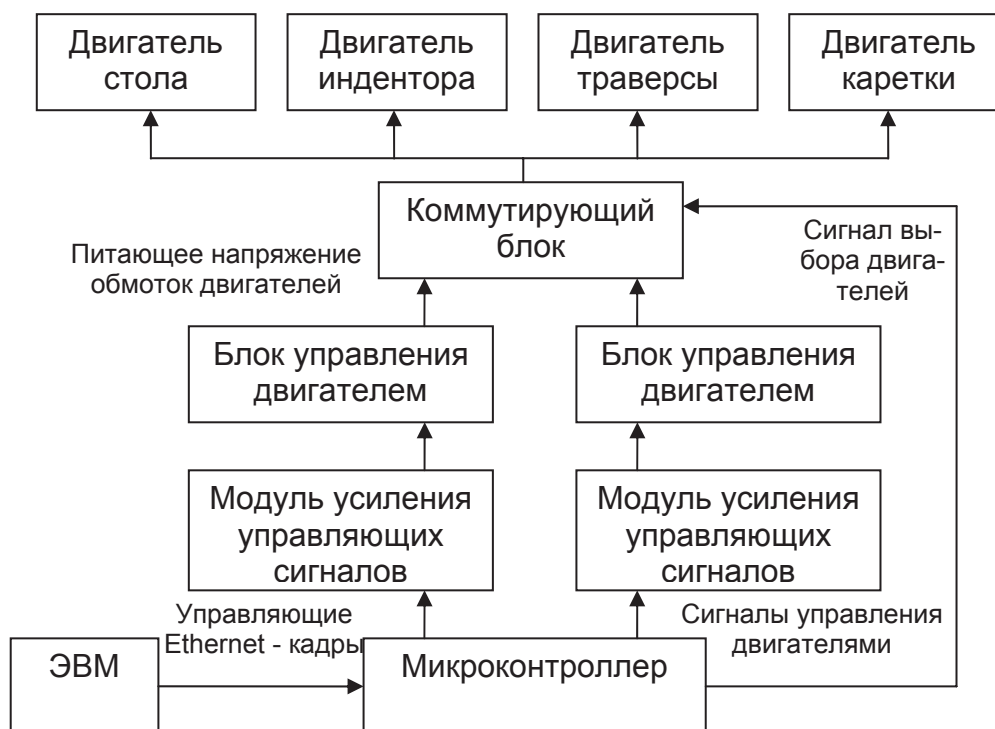


Рис. 1. Функциональная схема управления двигателями

Разработанное программное обеспечение на платформе J2EE позволило управлять исполнительными механизмами по интерфейсу Ethernet, что упростило конструкцию и обеспечило автоматизацию управления универсальным диагностическим комплексом.

С.П. Орлов, Е.А. Ахполова, Е.Ю. Биктимиркин

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ПРИБОРОВ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»)

Использование радиоэлектронных блоков и устройств в составе бортовой аппаратуры космических аппаратов предполагает проведение всесторонних наземных испытаний для оценки и прогнозирования их работоспособности. С этой целью в СамГТУ был разработан автоматизированный комплекс испытательного оборудования для создания заданных режимов испытаний, измерения параметров и статистической обработки данных, получаемых при испытаниях приборов различного назначения [1].

Комплекс выполняет следующие функции:

- а) компьютерное управление различными режимами испытаний;
- б) компьютерная обработка данных при испытаниях, ведение базы данных;
- в) техническая диагностика и прогнозирование работоспособности испытываемых устройств;
- г) проведение испытаний.



- при имитации функционирования электромеханических агрегатов в штатном режиме;
- на воздействие помех по цепям питания и цепям информационных сигналов;
- проверка контактов, сопротивлений цепей и сопротивления изоляции;
- на сохранение работоспособности при нагреве приборов в процессе функционирования;
- климатические и ресурсные испытания.

В состав комплекса входят несколько автоматизированных систем управления испытаниями:

1. Автоматизированный комплекс испытаний электроприводов АКЭП.

Комплекс предназначен для испытания электроприводов постоянного тока для систем управления рулевыми устройствами, солнечными батареями и другими системами [2]. Основной блок – оригинальное нагрузочно-измерительное устройство для задания переменных моментов нагрузки на валу испытуемого электропривода в диапазоне 0 – 5 Н.м..

Измеряемые параметры:

- пусковой и установившийся токи электродвигателя,
- скорость вращения выходного вала привода,
- электромагнитная и электромеханическая постоянные времени двигателя,
- КПД,
- время выхода на установившийся режим.

2. Система МАГИС испытаний приборов и электромеханических агрегатов на помехозащищенность. Система формирует следующие испытательные сигналы, подаваемые в электрические цепи приборов [3]:

- Одиночные броски –просадки напряжения от -15 В до + 15 В от номинального напряжения длительностью от 1 сек до 8 часов. Имитируют изменения питающего напряжения при колебании нагрузки.
- Импульсные периодические сигналы в тех же диапазонах напряжений с частотой импульсов 0, 1 Гц – 150 кГц с заданной формой: линейно-изменяющиеся сигналы; случайные сигналы. Имитируют импульсные коммутационные помехи, процессы дрейфа и деградации параметров и другие внешние воздействия.
- Высокочастотные сигналы амплитудой 1 – 20 В с частотой 1 – 20 МГц с заданным случайным законом изменения. Имитируют воздействие электромагнитных наводок в цепях.
- Высоковольтные сигналы амплитудой 150 В. Используются для проверки электрической изоляции цепей.

3. Измерительно-вычислительная система для вибродиагностики электроагрегатов. Система выполняет следующие функции:

- обработку сигналов в диапазоне 0 -500 кГц,
- контроль частотных составляющих спектра сигнала в диапазоне 500 кГц – 2 МГц,



- быстрая обработка испытательных сигналов в анализаторе спектра, экспресс-анализ,
- хранение в базе данных результатов испытаний,
- прогнозирование параметров устройств по результатам испытаний.

Первые три системы могут работать в едином комплексе, обеспечивая задание нужных режимов работы, анализируя одновременное воздействие прибора вибрации и помеховых сигналов.

4. Автоматизированный комплекс испытаний электровентиляторов АКИБ. Комплекс обеспечивает управление испытаниями электровентиляторов бортовой системы терморегулирования. Он состоит из аэродинамического стенда с управляемыми дроссельными заслонками, измерительно-вычислительной системы, стенда создания климатических условий.

Измеряемые параметры электровентиляторов:

- статическое и динамическое полное давление,
- скорость газового потока,
- массовая производительность,
- объемная производительность,
- КПД вентилятора,
- время выхода на режим,
- температура элементов, пусковой и установившийся токи,
- скорость вращения вентилятора,
- сопротивление изоляции.

5. Система контроля электрических цепей и параметров изделий.

Выполняемые функции:

- прозвонка электрических цепей приборов по заданному алгоритму, проверка на короткое замыкание и обрыв, нахождение места дефекта;
- проверка сопротивлений изоляции между электрическими цепями, между корпусом прибора и цепями;
- для контроля матриц на приборах с зарядовой связью (ПЗС) используется подсистема сравнения изображения, получаемого с матрицы, с эталонным изображением [4].

Управление испытаниями, обработка и хранение данных во всех описанных системах производится с помощью персональных компьютеров, входящих в состав разработанных систем. Предусмотрено подключение компьютеров в локальную сеть, позволяющую передавать на сервер файлы с результатами испытаний. В этом случае можно организовать общую базу данных испытаний всего изделия.

Литература

1. Орлов С.П. Автоматизированные системы с адаптивной структурой для имитационно-комбинированных испытаний сложных изделий // Стандартизация и контроль качества продукции в СССР. – М.: ВНИИКИ, 1990. – с. 12 – 15



2. Орлов С.П., Калмыков М.П. Автоматизированная система для испытания электроприводов с электрическими машинами специального назначения // Разработка и исследование специальных электрических машин. Меж. вуз. сб. науч. тр. – Куйбышев: КуАИ, 1987. – с. 166 – 172

3. Орлов С.П. Микропроцессорный генератор имитационных помеховых сигналов // Радиотехника, 1987. – № 2. – с. 75 – 77

4. Ахполова Е.А., Орлов С.П. Измерительно-вычислительная система для контроля оптико-электронных преобразователей // Мат-лы XI междунар. научно-практ. конф. «Компьютерные технологии в науке, практике и образовании». – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2012. – с. 48 – 51

С.А. Пиявский

«САМЫЙ ЕСТЕСТВЕННЫЙ» МЕТОД ПРИНЯТИЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный
архитектурно-строительный университет»)

Рассматриваются задачи многокритериального принятия решений, в которых альтернативы характеризуются набором частных критериев, могущих к тому же зависеть от ряда неопределенных факторов. Предлагается метод, позволяющий лицу, принимающему решение, с использованием специального программного обеспечения легко и обоснованно решать такие задачи на основе естественных для него суждений. Метод обладает максимально возможной объективностью, поскольку не использует искусственных приемов, направленных на полную формализацию задачи за счет отыскания якобы адекватного ей единственного способа учета неопределенности («принципа оптимальности»), а учитывает все множество таких способов.

Введение

В центре процедуры принятия любого решения, в конечном счете, находится человек или небольшая группа людей: субъект, который принято обобщенно называть Лицом, принимающим решения – ЛПР. Это вызвано тем принципиальным обстоятельством, что любая, даже всего только двухкритериальная, задача принятия решения математически незамкнута. Поэтому ЛПР призван дополнить в той или иной форме постановку проблемы до содержательной замкнутости, позволяющей, в конечном счете, прийти к единственному «наиболее рациональному решению». Отсюда следует, что метод должен быть понятен ЛПР-у, не сужать его возможностей по принятию решения за счет специфических особенностей самого метода, не предполагать у него наличия квалификации, выходящей за пределы его обычной компетенции и быть нетрудоемким для него.



В [1] показано, что методов, одновременно удовлетворяющих всем этим требованиям, нет. Так, широко распространенный метод «линейной сверки» понятен ЛПР-у, однако может упускать Парето-оптимальные решения и предполагает, что ЛПР в состоянии указать точные количественные значения «весовых коэффициентов» свертки, что нереально даже при использовании «компетентных» экспертов (учитывая условность их подбора и неизбежный разброс в оценках).

Предложенный нами в начале 70-х годов метод ПРИНН [2,3] свободен от этих недостатков, однако в начальном варианте содержал упрощения, (фиксированные размеры ε -сети в пространстве способов учета неопределенности), направленные на то, чтобы уменьшить вычислительную трудоемкость метода. Информационные технологии сегодняшнего дня позволили отказаться от этих упрощений и предложить излагаемый ниже метод, который, по нашему мнению, действительно и действенно ставит ЛПР в центр принятия сложных решений.

Базовая постановка задачи

Рассмотрим классическую задачу многокритериальной оптимизации. Обозначим: Y – множество вариантов решений (альтернатив), $f(y) = \{f^1(y), f^2(y), \dots, f^m(y)\}$, $y \in Y$ – вектор-функция m частных критериев оптимальности, определенных на множестве альтернатив. Лицо, принимающее решение (ЛПР), желает выбрать из множества альтернатив «наиболее рациональный» вариант.

В этой задаче наиболее рациональный вариант решения $\bar{y} \in Y$ должен быть Парето-оптимальным, то-есть удовлетворять известному условию (при стремлении минимизировать каждый частный критерий):

$$\neg \exists \hat{y} \in Y : (f^j(\hat{y}) \leq f^j(\bar{y}) \quad j = 1, \dots, m) \wedge (\exists j \in \{1, \dots, m\} : f^j(\hat{y}) < f^j(\bar{y})).$$

ать, в той или иной форме, дополнительную информацию или суждения.

Одно из наиболее естественных суждений состоит в том, чтобы ввести в рассмотрение некоторый скалярный комплексный критерий оптимальности $F(f(y))$, соразмеряющий сравнительную важность различных частных критериев и позволяющий выбрать наиболее рациональный вариант решения строго математически:

$$F(f(\bar{y})) = \min_{y \in Y} F(f(y)).$$

Тем самым задача принятия решения перестает быть многокритериальной и при задании конкретной функции $F(f)$ наиболее рациональный вариант решения определяется путем обычной скалярной оптимизации. Однако, поскольку конкретный вид функции $F(f)$ ЛПР-у неизвестен, тем самым в задачу вводится новое множество: множество допустимых способов учета неопределенности S , которое представляет собой множество допустимых функций $s \equiv F(f)$.

Без ограничения общности рассмотрения будем полагать далее, что значения всех частных критериев, а также комплексного критерия, нормированы



от 0 до 1. Тогда способ учета неопределенности – это строго монотонная функция, определенная на m -мерном единичной гиперкубе и сопоставляющая каждому вектору из него числовое значение, также заключенное то нуля до единицы. Для того, чтобы подчеркнуть там, где необходимо, именно этот смысл обозначения $F(f)$ в отличие от значения комплексного критерия при конкретном значении аргумента f , мы будем использовать в этом втором смысле обозначение $F_s(f)$.

Предлагаемый подход

Большинство существующих формализованных методов принятия решений направлены на то, чтобы отыскать «правильный» для условий конкретной задачи способ учета неопределенности $\bar{s} \equiv \bar{F}(f)$, после чего наиболее рациональный вариант решения $\bar{y} \in Y$ определяется чисто математическим путем, как правило, однозначно. Простейшим, и наиболее часто используемым на практике, примером такого подхода является введение линейной свертки частных критериев.

Более естественный путь решения задачи многокритериального выбора решения состоит, по нашему мнению, в том, чтобы, отказавшись от стремления устранить неопределенность выбором конкретного способа ее «свертывания», использовать для принятия решения непосредственно ВСЕ МНОЖЕСТВО способов учета неопределенности. В методе ПРИНН мы осуществили такой подход в три этапа. Первые два этапа носят универсальный характер, и лишь третий реализуется при решении конкретной задачи.

На первом этапе было дано математическое описание универсального множества способов учета неопределенности S для задачи, в которой скалярный критерий оптимальности F зависит от функции $f(x)$, принимающей значения на элементах $x \in X$ некоторого множества неопределенности X . Показано, что множество S есть множество непрерывных строго монотонных функций одной переменной $G(t)$ (так называемых порождающих функций), определенных на отрезке $[0,1]$ и удовлетворяющих условиям $G(0) = 0$, $G(1) = 1$. Значение комплексного критерия при способе учета неопределенности $G(t)$ рассчитывается по конечной формуле.

На втором этапе все множество допустимых способов учета неопределенности было заменено оптимальной ε -сетью, т.е. конечным числом наиболее полно представляющих его способов учета неопределенности.

На третьем этапе между этими «представителями» организуется (конечно, в виде математического алгоритма) итеративная процедура согласования оценок каждого варианта решения каждым «представителем» с позиций присущего ему способа учета неопределенности, однако с учетом оценок, данных другими «представителями». Такой алгоритм моделирует известную процедуру ДЕЛФИ согласования мнений экспертов.

Метод ПРИНН хорошо зарекомендовал себя при решении значительного числа практических задач, однако определенным его недостатком является



субъективность предложенной процедуры выделения небольшого числа «представителей» из всего множества способов учета неопределенности и организации процедуры типа ДЕЛФИ. Из-за этого метод по сути также можно рассматривать как один из возможных конкретных способов учета неопределенности, наряду с методом линейной свертки и другими. В предлагаемом в настоящей статье методе этот недостаток устранен, так как при принятии решения используется непосредственно все множество способов учета неопределенности. Субъективность, которая является принципиальным правом ЛПР, включается (притом лишь при его желании) только через два вида его «уверенных» суждений.

Уверенное суждение первого типа. *При своей уверенности ЛПР может отнести различные частные критерии к различным группам важности.* Например, «критерии 1 и 4 наиболее важны, критерии 2 и 6 просто важны, а критерий 5 имеет наименьшую важность». Подчеркнем, что не предполагается, что ЛПР дает количественную оценку степени сравнительной важности частных критериев, речь идет лишь об их качественном сравнении, притом необязательном.

Уверенное суждение второго типа. *При желании ЛПР может сконструировать пары Парето-несравнимых векторов частных критериев, в отношении которых он уверен, что один из векторов «лучше» другого.* При этом не требуется, чтобы эти вектора отражали эффективность каких-либо реальных объектов. Если f_1 и f_2 - такая пара, в которой f_1 «уверенно лучше», чем f_2 , то это накладывает следующее ограничение на множество S :

$$S \subset \{s\} : F_s(f_1) \leq F_s(f_2) \quad \forall s \in S.$$

Соответственно, предлагаемый нами метод состоит из следующих четырех этапов.

Этап 1. Строится профиль неопределенности решаемой задачи. Он показывает для каждого варианта решения $y \in Y$ диапазон изменения значений комплексного критерия эффективности на данном решении при всевозможных способах учета неопределенности. Профиль неопределенности задается парой определенных на Y функций:

$$\text{минорантой } m(y) = \min_{s \in S} F(f(y)) \text{ и мажорантой } M(y) = \max_{s \in S} F(f(y)).$$

Заметим, что при этом могут быть выявлены заведомо нерациональные решения $z \in Y$, для которых существуют такие решения $\bar{z} \in Y$, которые лучше их по комплексному критерию при любых возможных способах неопределенности. Условие выявления таких решений z имеет вид:

$$\exists \bar{z} \in Y : M(\bar{z}) < m(z).$$

Основное назначение профиля неопределенности – дать ЛПР представление о степени влияния неопределенности на принятие решений в данной задаче. По мере добавления им «уверенных суждений» он сможет судить, насколько они уменьшают неопределенность.

Этап 2. По возможности сужается множество неопределенностей за счет учета в нем уверенных суждений ЛПР. При уверенных суждениях пер-



вого типа из множества S исключаются не соответствующие этим суждениям способы учета неопределенности. При уверенных суждениях второго типа к описанию множества S добавляются условия, исключаящие те способы учета неопределенности, для которых не выполняются эти суждения.

В результате первых двух этапов исходное множество неопределенностей может сузиться, что отразится на профиле неопределенности решаемой задачи, однако вряд ли в нем останется лишь один элемент, или из множества вариантов решений по условию (8) будут исключены все варианты, кроме одного. Таким образом, неопределенность в задаче сохранится. Это и будет **неустраняемая** неопределенность. Все образующие ее способы учета неопределенности полностью равноправны для ЛПР, поскольку свои возможности внести дополнительное содержание в описание задачи он уже внес утверждениями первого и второго типа. Не исключено, что могут быть найдены и другие типы уверенных суждений ЛПР, но они не изменят картину принципиально: все равно и после их использования неустраняемая неопределенность в задаче останется.

Этап 3. Рассчитываются жесткий и мягкий рейтинги вариантов решений с учетом неустраняемой неопределенности. Чтобы не вводить ненужный для понимания (и практического применения) сложный математический аппарат, будем считать, что множество S содержит конечное число способов учета неопределенности $S = \{s_k\}_{k=1, \dots, K}$.

Тогда **жесткий рейтинг** $RG(y)$ решения $y \in Y$ есть доля способов учета неопределенности, при которых это решение является наилучшим по сравнению с остальными решениями:

$$RG(y) = \frac{\sum_{k=1}^K 1_{F_k(y) \leq F_k(z) \forall z \in Y}}{K}, \quad y \in Y.$$

(В случае, если при каком-то способе учета неопределенности лучшими оказываются несколько (например, p) решений, в жестком рейтинге каждого из них в сумме в числителе добавляется не 1, а $\frac{1}{p}$).

Мягкий рейтинг $RM(y)$ решения $y \in Y$ отражает среднюю сравнительную эффективность этого решения y по сравнению с решениями, оказавшимися наилучшими при различных способах учета неопределенности:

$$RM = \frac{\sum_{k=1}^K \frac{F_{s_k}(f(y))}{\max_{y \in Y} F_{s_k}(f(y))}}{K}.$$

Этап 4. ЛПР признает, что возможности дальнейшего уменьшения неопределенности за счет его «уверенных суждений» исчерпаны. Окончательно, в качестве «наиболее рационального» решения им выбирается решение с наилучшим (наименьшим) жестким рейтингом. Если таких решений несколько



ко, в качестве наиболее рационального выбирается то из них, которое имеет наилучший (наименьший) мягкий рейтинг.

Автор благодарит В.В.Малышева за многократные полезные обсуждения, способствовавшие появлению данной работы.

Литература

1. Малышев В.В., Пиявский Б.С., Пиявский С.А. Метод принятия решений в условиях многообразия способов учета неопределенности // Известия РАН. Теория и системы управления, 2010. – № 1. – с. 46 – 61
2. Пиявский С.А., Брусов В.С., Хвилон Е.А. Оптимизация параметров многоцелевых летательных аппаратов. – М. «Машиностроение», 1974. – 106 с.
3. Смирнов О.Л., Падалко С.А., Пиявский С.А. САПР: формирование и функционирование проектных модулей. – М.: Машиностроение, 1987. – 272 с.

С.А. Прохоров, И.М. Куликовских, Я.Ю. Богданова

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ НА БАЗЕ iOS

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

В настоящий момент насчитывается большое количество систем для анализа данных. Преимущественно такие системы являются «стационарными» и ориентированы на решение различных прикладных и научных задач с анализом требуемых характеристик. Для решения задач спектрального анализа существуют такие системы как MatLab, SCANи пр.

В связи с развитием мобильных технологий стали также появляться мобильные приложения для анализа данных. Однако существующие мобильные приложения как правило ориентированы на решение узкоспециализированных задач.

Предлагается универсальное мобильное приложение для спектрального анализа данных (SAD - SpectralAnalysisofData).

Установка приложения на мобильное устройство осуществляется посредством загрузки его из магазина приложений AppStore. App Store является стандартным приложением и поставляется в базовом пакете приложений при покупке устройства. Таким образом, для установки SAD необходим только доступ в интернет с мобильного устройства.

SAD является универсальным мобильным приложением со специализированными алгоритмами, которые отвечают базовым требованиям к мобильным приложениям:

- 1) *Простота и удобство пользовательского интерфейса.* Так как работа ведется на мобильном устройстве, интерфейс должен быть



информативным, но, в тоже время, не загружен информацией, интуитивно понятен и прозрачен.

Данное мобильное приложение позволяет:

- загрузить файл с исходными данными определенной структуры (объем выборки, интервал дискретизации, значения процесса);
- построить график исходных значений процесса;
- построить график спектральной плотности мощности;
- рассчитать обобщенные спектральные характеристики (эквивалентная ширина, экстремальная частота, значение в экстремальной частоте).

Работа приложения начинается с экрана «Файлы», в котором в виде строк таблицы отображены имена загруженных для анализа файлов. Загруженные для работы файлы находятся в рабочей папке приложения, доступ в которую из вне приложения закрыт, что обеспечивает их сохранность и защиту от несанкционированных изменений, таким образом загрузить файлы можно только через интернет, введя прямую ссылку на необходимый файл. Для этого в верхнем правом углу экрана расположена кнопка «+».

Напротив каждого имени файла расположен синий круг со стрелкой, при нажатии на который появляется экран с графиком начальных значений.

При нажатии на саму ячейку с именем файла произойдет подсчет, и появится экран с графиком спектральной плотности мощности и значениями обобщенных спектральных характеристик. Цвет фона графика черный градиентный, сам график синий. Такое сочетание цветов позволяет достаточно долго работать с графиком, не испытывая при этом неприятных слепящих ощущений, как если бы экран был белым. Синий хорошо контрастирует на черном. Для удобства работы с графиком добавлена сетка.

Все графики ориентир-зависимые, т.е. при повороте устройства график меняет свою ориентацию, к примеру, с вертикальной на горизонтальную. Это является важным свойством, если говорить об удобстве анализа построенного графика.

Важную роль в удобстве работы с приложением играет технология Multitouch, позволяющая дисплею iPhone распознавать прикосновение до пяти пальцев одновременно, что значительно облегчает взаимодействие пользователя с устройством, например, при масштабировании.

2) *Сокращение временных и ресурсных затрат* при реализации расчетных алгоритмов. Модель спектральной плотности мощности имеет вид [1]

$$S(\omega) = \frac{1}{\pi} \sum_{k=0}^m \beta_k \operatorname{Re} W_k(j\omega), \quad (1)$$

где $\operatorname{Re} W_k(j\omega)$ – действительная часть преобразования Фурье ортогональных функций Лагерра; β_k – коэффициенты разложения ряда Фурье

$$\beta_k = \gamma \int_0^{\infty} \rho(\tau) L_k(\tau, \gamma) d\tau \quad (2)$$

где



$\rho(\tau)$ – корреляционная функция, рассчитанная по значениям исходных данных;
 $L_k(\tau, \gamma)$ – ортогональные функции Лагерра, определяемые, исходя из рекуррентного соотношения [2]

$$\begin{aligned} L_k(\tau, \gamma) &= \frac{2k-1-\gamma\tau}{k} L_{k-1}(\tau, \gamma) - \frac{k-1}{k} L_{k-2}(\tau, \gamma) \\ L_0(\tau, \gamma) &= \exp(-\gamma\tau/2), \quad L_1(\tau, \gamma) = \exp(-\gamma\tau/2)(1-\gamma\tau) \end{aligned} \quad (3)$$

При реализации метода вычисления (2) коэффициенты определяются, исходя из численно-аналитического алгоритма к оценке коэффициентов разложения [3]

$$\beta_k = \gamma \sum_{j=0}^{J_{\max}-1} \left(a_j \int_{\tau_j}^{\tau_{j+1}} L_k(\tau, \gamma) d\tau + b_j \int_{\tau_j}^{\tau_{j+1}} \tau L_k(\tau, \gamma) d\tau \right),$$

где $J_{\max}$ – количество ординат корреляционной функции с шагом $\Delta\tau$;

$$\begin{aligned} \int L_k(\tau, \gamma) d\tau &= -\frac{2}{\gamma} L_k(\tau, \gamma) - 2 \sum_{v=0}^{k-1} \int L_v(\tau, \gamma) d\tau, \\ \int \tau L_k(\tau, \gamma) d\tau &= -\frac{k+1}{\gamma} \int L_{k+1}(\tau, \gamma) d\tau + \frac{2k+1}{\gamma} \int L_k(\tau, \gamma) d\tau - \frac{k}{\gamma} \int L_{k-1}(\tau, \gamma) d\tau, \\ \int L_0(\tau, \gamma) d\tau &= -\frac{2}{\gamma} \exp(-\gamma\tau/2) \end{aligned} \quad (4)$$

Реализация первого требования к мобильным приложениям осуществляется за счет автоматической подстройки параметров:

- значение коридора Δ для определения длительности корреляционной функции $T_{\max}$;
- значение погрешности аппроксимации δ для определения порядка m (с наперед заданной точностью) [3];

- выполнение условия нормировки $\int_0^{\infty} S(\omega) d\omega = \frac{1}{2}$ для определения максимальной длительности спектральной плотности мощности $J_{\max}$ (1).

При этом значение коридора Δ и значение погрешности аппроксимации δ могут быть изменены в настройках приложения (рис. 1а). Реализация второго требования к мобильным приложениям осуществляется за счет применения численно-аналитического подхода к оценке коэффициентов разложения и хранения матрицы значений ортогональных функций, а также связанных с ними функциональных характеристик, в памяти устройства [4]. Результат работы приложения по описанным алгоритмам представлен на рис. 1б.



Рис. 1. Экраны приложения а) с изменяемыми параметрами;
б) с результатом работы приложения

Литература

1. Прикладной анализ случайных процессов / под ред. Прохорова С.А. – Самара: СНЦ РАН, 2007. – 582 с.
2. Джексон Д. Ряды Фурье и ортогональные полиномы: пер. с англ. – М., Л.: Главное издательство иностранной литературы, 1948. – 260 с.
3. Прохоров С.А., Куликовских И.М. Численно-аналитический подход к вычислению интегралов при построении ортогональных моделей // Материалы международной конференции «Идентификация, измерение характеристик и имитация случайных сигналов». – Новосибирск: НГТУ, 2009. – с. 168 – 171
4. Прохоров С.А., Куликовских И.М. Методы оценки коэффициентов разложения ортогональных рядов // Вестник Самарского государственного технического университета. Физико-математические науки, 2009. – № 2 (19). – с. 140 – 146



И.А. Прошин, Е.А. Данишкина

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ИСПАРИТЕЛЬНОЙ ЧАСТИ БАРАБАННОГО ПАРОВОГО КОТЛА

(ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная технологическая академия»)

Исследование систем управления в условиях интегрированного комплекса сетевых автоматизированных лабораторий [1] предусматривает анализ объекта исследования на основе системного, энергетического и кибернетического подходов. Целью данной статьи является анализ парового барабанного котла как объекта управления и его моделирование. Испарительная часть парового котла и эквивалентная структурная схема декомпозиции объекта по средам приведены на рис. 1.

На основе представленной структурной схемы и [2] составлена система уравнений материального баланса испарительной части барабанного котла в точечном приближении.

$$\left. \begin{aligned} \frac{d(V_1 c')}{dt} &= D_B - D_1 \\ \frac{d(V_2 c'')}{dt} &= D_1 - D_2 \\ \frac{d(V_3 c''')}{dt} &= D_2 - D_{II} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Для нахождения динамики по уровню запишем дополнительное уравнение, связывающее приращения уровня ΔL и объемов воды ΔV_1 и пара ΔV_2 под зеркалом испарения [2]:

$$F \Delta L = \Delta V_1 + \Delta V_2 \quad (2)$$

Здесь F – площадь зеркала испарения.

Уравнения материального баланса (1) в приращениях:

$$\left. \begin{aligned} c' \frac{d\Delta V_1}{dt} &= \Delta D_B - \Delta D_1 \\ c'' \frac{d\Delta V_2}{dt} &= \Delta D_1 - \Delta D_2 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Преобразуем систему (3) по Лапласу:

$$\left. \begin{aligned} c' s V_1(s) &= D_B(s) - D_1(s) \\ (T_H s + 1) V_2(s) &= \frac{T_H}{c''} D_1(s) \end{aligned} \right\} \text{или} \left. \begin{aligned} V_1(s) &= \frac{1}{c' s} D_B(s) - \frac{1}{c' s} D_1(s) \\ V_2(s) &= \frac{T_H}{c''} \frac{1}{T_H s + 1} D_1(s) \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Подставляя изображения объемов (4) в уравнение для уровня (2), получим изображение уровня жидкости в барабане котла (выходная координата) в функции изображений расходов воды $D_B(s)$ (входное воздействие) и генериро-



ванного пара $D_1(s)$ (возмущающее воздействие). Пренебрегая $1/s'$ по сравнению с $1/s''$, тогда получим, что $D_1 \approx D_{II}$, и уравнение для уровня по каналам расходов примет вид:

$$L(s) = \frac{1}{Fc'} \frac{1}{s} D_B(s) - \left[\frac{1}{Fc'} \frac{1}{s} - \frac{T_H / (Fc'')}{T_H s + 1} \right] \cdot D_{II}(s) \quad (5)$$

$$W_B(s) = \frac{L(s)}{D_B(s)} = \frac{1}{Fc'} \frac{1}{s} \quad W_{II}(s) = \frac{L(s)}{D_{II}(s)} = -\frac{1}{(Fc')} \frac{1}{s} + \frac{T_H / (Fc'')}{T_H s + 1} \quad (6)$$

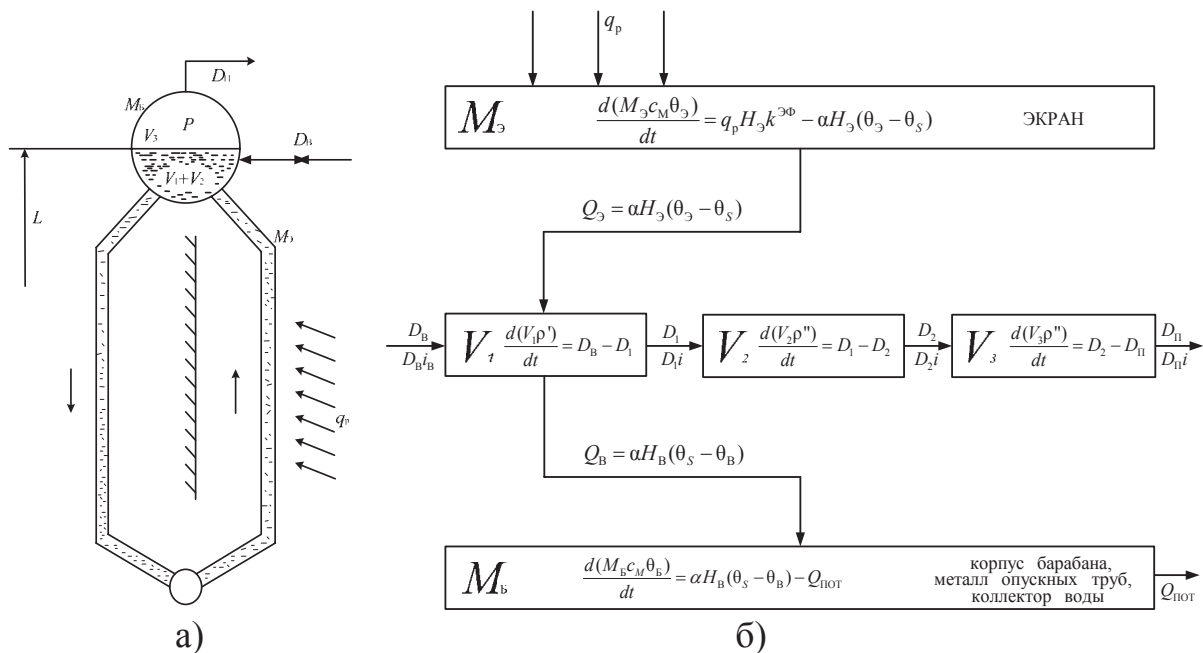


Рис. 1. Испарительная часть барабанного котла (а),
эквивалентная структура декомпозиции по средам (б)

Анализ уравнения (5) и передаточных функций каналов (6) показывает, что по отношению к материальному небалансу уровень ведет себя как объект без самовыравнивания. Структурные схемы испарительной части барабанного котла как объекта управления приведены на рис. 2.

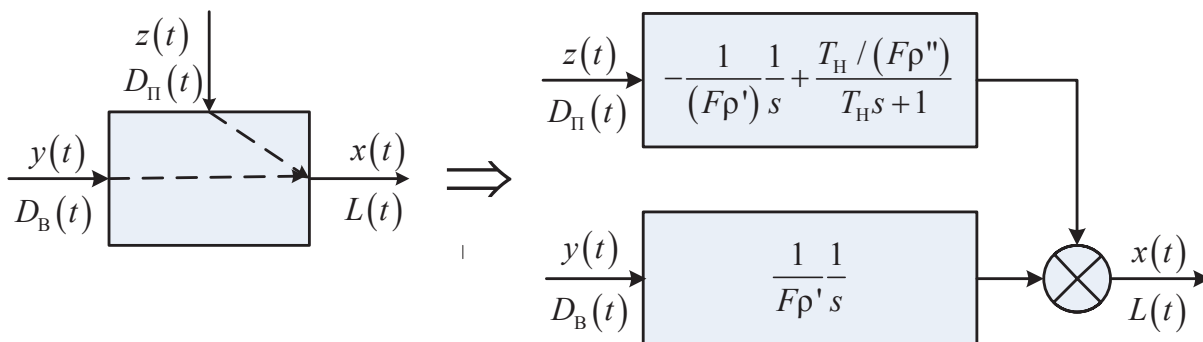


Рис. 2. Структурная схема испарительной части барабанного котла
как объекта управления по уровню



Математическая модель испарительной части парового котла в форме пространства состояний примет вид [3, 4]:

$$\begin{bmatrix} \dot{v}_1^{(r)} \\ \dot{v}_2^{(r)} \\ \dot{v}_3^{(r)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & -\frac{1}{T_H} & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -k_1 & 0 \\ k_2 & 0 \\ 0 & k_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z \\ y \end{bmatrix};$$

$$x = [1 \quad 1 \quad 1] \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{bmatrix}.$$

$$k_1 = \frac{1}{F\rho'}; k_2 = \frac{1}{F\rho''}; T_H = \left(\frac{V_2 \rho''}{D_2} \right)_0.$$

Моделирование испарительной части котла в среде Mathcad отражает рис. 3.

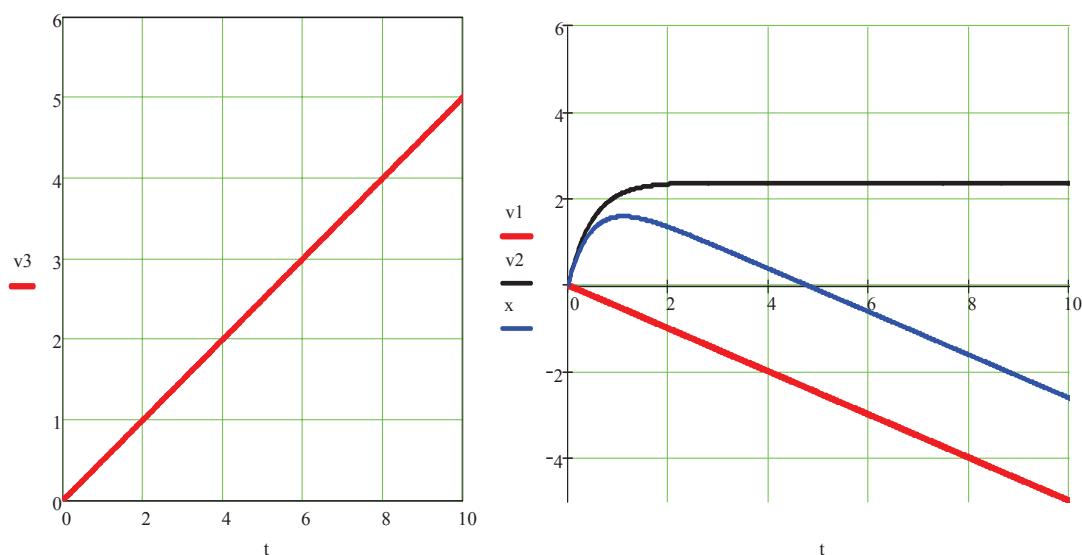


Рис. 3. Графики переходных характеристик по уровню

Выпуклая форма кривой изменения уровня при возмущении (рис. 3) характеризует процесс набухания (вспучивания) уровня, т.е. уровень воды в барабане возрастает в результате резкого уменьшения давления пара.

Литература

1. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Концепция построения интегрированных комплексов сетевых автоматизированных лабораторий // Известия Самарского научного центра РАН, 2009. – №5 (2). – с. 527 – 530
2. Пикина Г.А. Математические модели технологических объектов / Под ред. Э.К. Аракеляна. – М.: Изд-во МЭИ, 2000. – 175 с.
3. Прошина Р.Д. Математическое моделирование технических систем в нормальной форме пространства состояний // Известия Самарского научного центра РАН, 2011. – №1 (3). – с. 613 – 616
4. Прошина Р.Д. Математическое моделирование систем управления в нормальной форме пространства состояний // Научно-технический вестник Поволжья, 2011. – № 4. – с. 197 – 202



И.А. Прошин, С.В. Селезнева, В.В. Бурков

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОГО ВИБРОСТЕНДА

(ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная технологическая академия»)

Основа исследования и проектирования систем управления электродинамическими вибростендами (ЭДВС), предназначенными для испытания различных элементов конструкций – математическое моделирование их динамики. При использовании двух каналов управления с непосредственными преобразователями электроэнергии (НПЭ) электродинамический вибростенд описывается моделью, включающей в себя дифференциальные уравнения Кирхгофа для обмоток возбуждения длиной l и подмагничивания с активными сопротивлениями R_B , R_Π и индуктивностями L_B , L_Π , на которые поданы управляемые от НПЭ с помощью переключающих функций $H_B^2[t]$ и $H_\Pi^2[t]$ напряжения возбуждения U_B и подмагничивания U_Π , изменяющиеся во времени t , выражения для зависимостей силы F от тока возбуждения I_B и магнитной индукции B от тока подмагничивания I_Π .

Дифференциальные уравнения механической части (рис. 1) описывают трёхмассовую систему с коэффициентами жёсткости c_1 , c_2 , c_3 и демпфирования h_1 , h_2 , h_3 , составленные на основе уравнений Лагранжа с перемещениями x_1 , x_2 , x_3 , скоростями v_1 , v_2 , v_3 для масс катушки m_1 , стола m_2 , испытываемого объекта m_3 [1].

$$\begin{aligned}\frac{dI_B}{dt} &= \left[U_m \sin(\omega t - H_B^2[t]) - R_B \cdot I_B - B \cdot l \cdot v_1 \right] / L_B; \\ \frac{dI_\Pi}{dt} &= \left[U_m \sin(\omega t - H_\Pi^2[t]) - R_\Pi \cdot I_\Pi \right] / L_\Pi; \\ F &= B \cdot l \cdot I_B; \quad B = \psi(I_\Pi); \\ \frac{dv_1}{dt} &= \left[F + h_1 \cdot (v_2 - v_1) + c_1 \cdot (x_2 - x_1) \right] / m_1; \quad \frac{dx_1}{dt} = v_1; \\ \frac{dv_2}{dt} &= \left[h_1 \cdot v_1 + c_1 \cdot x_1 + h_3 \cdot v_3 + c_3 \cdot x_3 - \right. \\ &\quad \left. - (h_1 + h_2 + h_3) \cdot v_2 - (c_1 + c_2 + c_3) \cdot x_2 \right] / m_2; \quad \frac{dx_2}{dt} = v_2; \\ \frac{dv_3}{dt} &= \frac{1}{m_3} \left[h_3 \cdot (v_2 - v_3) + c_3 \cdot (x_2 - x_3) \right]; \quad \frac{dx_3}{dt} = v_3\end{aligned}$$

Составленная система уравнений описывает динамические процессы ЭДВС и может быть использована при моделировании, как статики, так и динамики систем управления виброиспытаниями. При этом математическая модель ЭДВС оказывается нелинейной, что усложняет исследование.

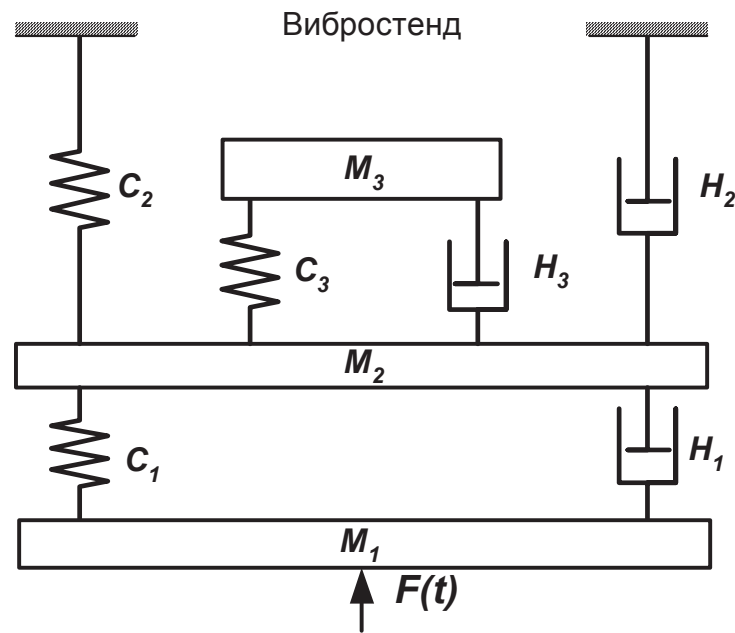


Рис. 1. Механическая часть электродинамического вибростенда

Уравнение состояния механической части ЭДВС представим в матричной форме [2]:

$$\begin{bmatrix} v_1' \\ v_2' \\ v_3' \\ v_4' \\ v_5' \\ v_6' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\frac{h_1}{m_1} & -\frac{c_1}{m_1} & \frac{h_1}{m_1} & \frac{c_1}{m_1} & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{h_1}{m_2} & \frac{c_1}{m_2} & -\frac{h_1+h_2+h_3}{m_2} & -\frac{c_1+c_2+c_3}{m_2} & \frac{h_3}{m_2} & \frac{c_3}{m_2} \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{h_3}{m_3} & \frac{c_3}{m_3} & -\frac{h_3}{m_3} & -\frac{c_3}{m_3} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \\ v_6 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \frac{1}{m_1} \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \cdot F.$$

При испытании электронных блоков, датчиков и других объектов, разработке и исследовании систем управления ЭДВС наряду с информацией о перемещении и скорости испытуемого объекта необходима информация об его ускорении. Поэтому в качестве выходных координат в уравнении выхода примем ускорение x_1 , скорости x_2 и перемещения испытуемого объекта x_3

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & \frac{h_3}{m_3} & \frac{c_3}{m_3} & -\frac{h_3}{m_3} & -\frac{c_3}{m_3} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ v_5 \\ v_6 \end{bmatrix}.$$

Разработанная модель механической части ЭДВС является основой для



математического моделирования как режимов испытаний и характеристик вибростенда, так и для анализа и синтеза систем управления с обратными связями по ускорению, силе, произведению силы на ускорение.

Литература

1. Прошина Р.Д. Интегрированный комплекс компьютерно-имитационного моделирования систем управления в виртуально-физической среде: автореф. дис. канд. тех. наук. – Пенза, 2011. – 26 с.
2. Прошина Р.Д. Математическое моделирование технических систем в нормальной форме пространства состояний. // Известия Самарского научного центра Российской Академии наук, 2011. – №1. – с. 613 – 616

И.А. Прошин, П.В. Сюлин

ИНТЕГРИРОВАННЫЙ КОМПЛЕКС СЕТЕВЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ЛАБОРАТОРИЙ КАК ИНСТРУМЕНТ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМ

(ФГБОУ ВПО «Пензенская государственная технологическая академия»)

Научное обоснование, разработка и совершенствование методов проектирования, обеспечивающих минимизацию антропогенного воздействия промышленных объектов нефтехимической отрасли сопряжены со значительным объёмом экспериментальных исследований, дисперсионным и корреляционно-регрессионным анализом, созданием программно-технических комплексов и автоматизированных систем управления. Наиболее эффективно проведение таких исследований в условиях интегрированного комплекса сетевых автоматизированных лабораторий (ИКСАЛ) с использованием современных инновационных технологий [1, 2].

Цель настоящей работы – создание автоматизированной системы управления научными исследованиями, обеспечивающей решение проблем математического и физического моделирования при разработке новых методов, технологий и программно-технических средств защиты экосистем от воздействия промышленных предприятий.

В соответствии с предлагаемой концепцией [1], принципами построения, решаемыми проблемами и целью создания автоматизированной системы управления научными исследованиями ИКСАЛ объединяет в своём составе следующие виды обеспечения (см. рис. 1).

1. Методическое обеспечение.
2. Математическое обеспечение.
3. Информационно-алгоритмическое обеспечение.
4. Программное обеспечение.
5. Организационное учебно-методическое обеспечение.
6. Техническое обеспечение.

Методическое обеспечение. Связывает в единый комплекс принципы и



методы системной организации научных исследований. Учитывая, многогранность решаемых проблем экологической безопасности, многообразие методов инженерной защиты экосистем, разнообразие технологических процессов, используемых при создании систем экологической защиты, за основу методического обеспечения принят системный, энергетический и кибернетический подходы, комплекс методик проведения экспериментальных исследований в ИКСАЛ.

Математическое обеспечение. Составляет основу проведения анализа и синтеза систем. Строится на основе единых принципов теории автоматического управления и принятых подходов. Все модели в ИКСАЛ базируются на принципах прямой причинно-следственной связи с учётом классов математических моделей систем управления, требований к процедурам анализа и синтеза технологических систем защиты окружающей среды, систем управления отходами производства. Математическое обеспечение объединяет математические модели “Вход – выход” и “Вход – состояние – выход” для множества различающихся, как по физическому принципу действия и функциональному назначению элементов и систем, так и для различных классов систем. Математические модели используются не только при теоретических исследованиях объектов, но и как элемент имитационного моделирования, дополняющий экспериментальные исследования на реальных установках и физических моделях.



Рис. 1. Структура обеспечения ИКСАЛ

Информационно-алгоритмическое обеспечение. Очевидно, что автоматизация научных исследований при решении экологических проблем затрагивает коренные принципы сбора и обработки экспериментально-статистической информации, предъявляя к ним целый комплекс противоречивых требований, в том числе и требование многофункциональности. Информационно-алгоритмическое обеспечение представляет собой единый модуль в структуре ИКСАЛ, обеспечивающий как его функционирование, так и обработку экспе-



риментально-статистической информации. Информационно-алгоритмическое обеспечение обработки информации в ИКСАЛ строится на базе разработанных авторами принципов структурно-параметрического синтеза математических моделей [3, 4]. В состав комплекса по обработке экспериментально-статистической информации включены методики, базирующиеся на методах дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа, теории планирования эксперимента.

Программное обеспечение. Объединяет все модули ИКСАЛ на базе единой платформы [2]. Основное требование к программному обеспечению (ПО) – это универсальность, расширяемость и открытость (возможность гибкой интеграции с элементами комплекса). Программное обеспечение, как и другие модули и элементы ИКСАЛ, одновременно и средство, обеспечивающее функционирование комплекса и объект исследования в целом комплексе дисциплин специальностей вуза. Поэтому его структура должна полностью определяться составом и структурой программного обеспечения, существующего и функционирующего на реальных предприятиях с расширенными возможностями по исследованию самого ПО.

Использование единой программной платформы для построения ИКСАЛ позволяет добиться максимальной надёжности, гибкости, открытости, масштабируемости и расширяемости комплекса. Различные МФО могут включаться в ИКСАЛ с минимальными трудозатратами и минимальным влиянием на уже функционирующие объекты. Поддержка клиент-серверного взаимодействия на всех уровнях системы обеспечивает возможности доступа и управления данными и объектами ИКСАЛ с любой рабочей станции в сети при этом все элементы комплекса могут быть разнесены территориально. Максимальная приближённость архитектуры ИКСАЛ к реально-действующим системам на предприятиях даёт уникальные возможности по исследованию различных характеристик процессов сбора, обработки и передачи информации.

Организационное учебно-методическое обеспечение. Организация многофункционального взаимодействия разнородных комплексов, модулей, систем базируется на элементах учебно-методического комплекса (УМК): системном образовательном стандарте, системных учебных планах и рабочих программах, единой методологии системной организации научных исследований и профессиональной подготовки в вузе, системном комплексе системных заданий по самостоятельной работе студентов, системе лабораторных работ и курсовых проектов, ориентированных на единое их проведение по всему комплексу дисциплин специальности, направления или комплекса специальностей.

Техническое обеспечение. ИКСАЛ направлен на решение целого комплекса проблем по исследованию технологических процессов и многофункциональных объектов исследования, их реализующих, электромеханических систем, контроллеров, датчиков, исполнительных механизмов, компьютеров, систем преобразования информации, в целом автоматизированных систем управления научными исследованиями, технологическими процессами, производствами и т.д., составляющих основу технического обеспечения, как функциони-



рования комплекса, так и исследования каждой из его компонент и в целом всей системы.

Литература

1. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Концепция построения интегрированных комплексов сетевых автоматизированных лабораторий // Известия Самарского научного центра РАН, 2009. – №5 (2). – с. 527 – 530
2. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Программная платформа для построения интегрированного комплекса сетевых автоматизированных лабораторий (ИКСАЛ) // Известия Самарского научного центра РАН, 2009. – №5(2). – с. 531 – 536
3. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Н.Н. Структурно-параметрический синтез математических моделей в задачах обработки экспериментально-статистической информации. – Пенза: ПГТА, 2007. – 178 с.
4. Прошин И.А., Прошин Д.И., Прошина Р.Д. Структурно-параметрический синтез математических моделей объектов исследования по экспериментальным данным // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: «Морская техника и технология», 2009. – №1. – с. 110 – 115

М.А. Степанова, В.В. Мокшин

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕМОНТА ГРУЗОПОДЪЕМНЫХ МАШИН ПО МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

(ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»)

Грузоподъемные машины (ГПМ) относятся к особо опасным объектам, поддержание их в исправном состоянии является главным условием безопасной эксплуатации. Ремонт ГПМ является сложным и трудоемким процессом. Ремонтные работы по восстановлению кранов функционально в укрупненном плане подразделяются на четыре вида: механические, гидравлические, электромонтажные и приборные.

Цель данной работы состоит в повышении эффективности процесса ремонта ГПМ за счет уменьшения потерь специализированных организаций по ремонту, а также в повышении уровня занятости работников службы эксплуатационного сопровождения.

В данной работе рассмотрен ремонт пяти видов кранов: стреловых, башенных, козловых, мостовых и вышек. Для моделирования и оптимизации процесса ремонта предлагается технология, состоящая из следующих 12 этапов.

1. Выбор совокупностей результативных показателей эффективности процесса ремонта грузоподъемных машин и влияющих на них оптимизируемых и объективных факторов.

2. Математическая постановка задач.



3. Построение IDEF-диаграмм процессов в системе BPwin и их качественный анализ.
4. Разработка и отладка имитационной модели в системе GPSS W.
5. Составление стратегического плана проведения имитационных экспериментов.
6. Определение требуемого количества реализаций состояния модели для получения результатов с заданной достоверностью.
7. Моделирование процессов по стратегическому плану.
8. Построение математической модели, состоящей из совокупности уравнений регрессии, связывающих результативные показатели эффективности бизнес-процессов с влияющими на них факторами.
9. Оценка степени влияния факторов на результативные показатели эффективности моделируемых бизнес-процессов.
10. Оптимизация бизнес-процессов.
11. Вывод формул для вычисления оптимального количества рабочих по ремонту грузоподъемных кранов.
12. Проведение экспериментов.

Для исследования процессов был отобран ряд результативных показателей эффективности и влияющих на них факторов. Перечень отобранных показателей приведен в таблице 1.

Таблица 1

$y1$	Затраты предприятия от ремонта кранов за вычетом расходов на заработную плату работников за период обслуживания кранов в млн. рублей
$y2$	Среднее время ремонта ГПМ в днях
$y3$	Коэффициент занятости работников на механических ремонтных работах
$y4$	Коэффициент занятости работников на гидравлических ремонтных работах
$y5$	Коэффициент занятости работников на ремонте электромонтажа
$y6$	Коэффициент занятости работников на ремонте приборов
$x1$	Количество ремонтников на механических работах, меняется от 2 до 6
$x2$	Количество ремонтников на гидравлических работах, меняется от 3 до 5
$x3$	Количество ремонтников на электромонтажных работах, меняется от 2 до 4
$x4$	Количество наладчиков приборов безопасности, меняется от 2 до 4
$x5$	Количество обслуживаемых вышек, меняется от 40 до 100
$x6$	Количество обслуживаемых стреловых кранов, меняется от 300 до 400
$x7$	Количество обслуживаемых башенных кранов, меняется от 100 до 200
$x8$	Количество обслуживаемых козловых кранов, меняется от 20 до 40
$x9$	Количество обслуживаемых мостовых кранов, меняется от 20 до 40



Ж.А. Сухинец, Б.И. Садретдинов, А.И. Гулин

УСТРОЙСТВО ИЗМЕРЕНИЯ СРЕДНЕЙ ЧАСТОТЫ

(ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет»)

При измерении частоты от нескольких преобразователей с частотным выходом для получения точного значения и прослеживания динамики процесса, например для систем управления ГТД, необходимо определять среднее значение частоты всех датчиков. Значение частоты получается в результате деления некоторой константы на количество всех датчиков одновременно с процессом измерения, что актуально, например, при исследованиях переменных процессов, контролируемых несколькими частотными датчиками.

В современных методах измерения частоты доминирующее положение [1] занимает метод дискретного счета, на основе которого строят цифровые частотомеры. Этот метод обладает многими достоинствами. К ним относятся: очень широкий диапазон значений частот, которые можно измерить одним прибором; высокая точность измерений; получение отсчета в цифровой форме; возможность обработки результатов наблюдений с помощью ЭВМ или микропроцессорной системы; возможность построения многофункциональных и многорежимных программируемых приборов.

Для низких значений частоты в диапазоне до 50 кГц измерения проводятся обратным методом дискретного счета, заключающемся в сравнении измеряемого интервала времени Δt_x (длительности τ_x , периода T_x) с дискретным интервалом, воспроизводящим единицу времени. Это достигается заполнением измеряемого интервала Δt_x импульсами с известным образцовым периодом следования $T_{обр} \ll \Delta t_x$ – преобразованием интервала в отрезок периодической последовательности импульсов, число которых, пропорциональное интервалу Δt_x подсчитывается.

Для измерения частоты выбранным методом разработана схема (см. рисунок 1), где входной сигнал от частотных датчиков подается на входы ПЛИС, далее реализована схема преобразования частоты входных сигналов в выходной код среднего значения частоты по количеству источников сигнала. Выходной код обрабатывается микроконтроллером.

Для увеличения точности измерения входной сигнал подается на делитель частоты, который увеличивает период измеряемого сигнала, после этого сигнал подается на вход разрешения счета счетчика, подсчитывающего количество эталонных импульсов за время прохождения сигнала разрешения. По его окончании, блоком сброса вырабатывается сигнал сброса счетчика. Полученный от счетчика код подается на блок усреднения через регистр для одновременной загрузки, в который также поступают коды от других счетных каналов.

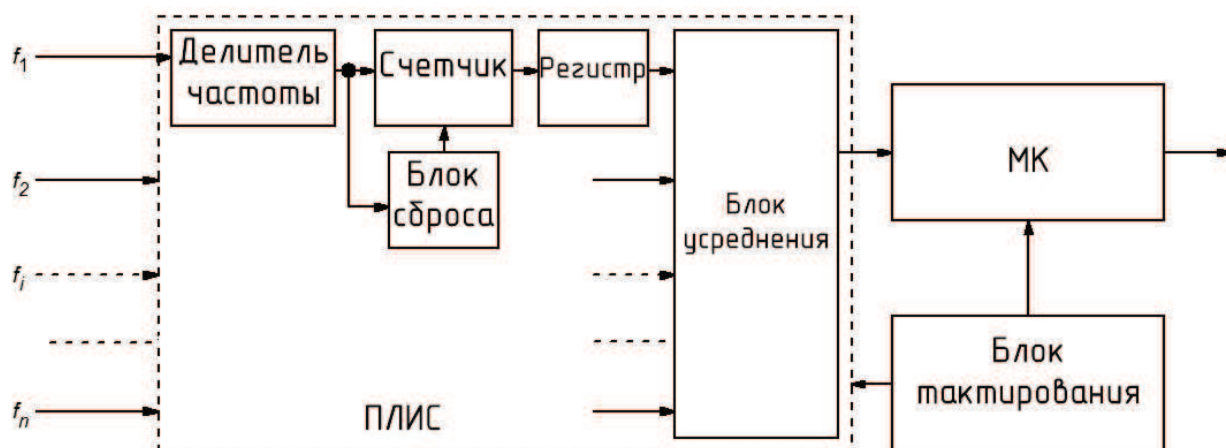


Рис. 1. Структурная схема устройства измерения средней частоты.

Блок усреднения одновременно считывает код со всех каналов и преобразует их в потоки широтно-импульсных сигналов, которые суммируются в процессе их параллельного заполнения импульсами опорной частоты и усредняются, аналогично [2], по количеству за счет организации частотно-импульсной системы с блокировкой неисправных каналов.

Выходной код значения средней частоты обрабатывается микроконтроллером (МК) и с помощью, загруженной в МК градуировочной характеристикой переводиться в эквивалентное значение физической величины (температуры, давления и т.д.).

Реализация устройства на ПЛИС позволяет использовать счетчики большой разрядности без их каскадирования тем самым устранить задержки, что значительно повышает точность без снижения быстродействия.

Перевод кода в значения частоты с помощью таблицы позволяет увеличить быстродействие, так как обращение к памяти, в которой расположена таблица значительно быстрее, чем подсчет каждого значения частоты.

Кроме того, устройство содержит запас по увеличению числа характеристик без изменения метода измерения и структурных изменений, с учетом применяемых датчиков с частотным выходом. Достаточным для этого является изменение элементной базы, например ПЛИС с большим количеством макроячеек для повышения разрядности счетчиков или более быстродействующего микроконтроллера для увеличения скорости обработки.

Литература

1. Мирский Г.Я. Микропроцессоры в измерительной технике. – М.: Радио и связь, 1984. – 160 с.
2. А.С.2260778 РФ, БИ №26, МКИ⁷ G 01 K3/02, 7/00. Устройство для измерения средней температуры / Сафьянников Н.М, Буренева О.И., Бондаренко П.Н., Килочек Д.С. №2004113224/28; заявл.28.04.2004; Опубл.20.09.2005; Приоритет 28.04.2004.



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

А.Ю. Алексеев

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ ОТРАБОТКИ НОВЫХ ОБРАЗЦОВ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

(ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ – Прогресс»)

Одним из приоритетных направлений и целей предприятия ФГУП ГНПРКЦ «ЦСКБ – Прогресс» является разработка и внедрение информационных технологий виртуального проектирования и компьютерного моделирования на базе суперкомпьютеров для создания и отработки, новых образцов ракетно-космической техники в целях повышения их надежности, качества и технико-экономической эффективности. Внедрение высокопроизводительных вычислительных систем и специализированного программного обеспечения, позволяет проводить расчет процессов происходящих в ракетах космического назначения (РКН) и космических аппаратах (КА).

На данный момент предприятие располагает информационными системами, настроенными на конкретные процессы, отработанной методологией, временными регламентами (СТП), рабочими инструкциями и методиками. Существует два параллельно развивающихся направления вычислительных систем, с возможностью массового параллелизма по ядрам:

- Кластер IBM;
- Компактная супер – ЭВМ.

Данные аппаратно–программные комплексы в совокупности со специализированным программным обеспечением позволяют решать производственные задачи в области прочности (моделирование квазистатического напряженно-деформированного состояния бака РН), теплофизики (численное моделирование нестационарного температурного поля по термостатирующему экрану специальной аппаратуры КА) и гидрогазодинамики (определение АДХ отделяемых частей конструкции РКН во всем диапазоне углов атаки при свободном падении для оценки районов падения).

В результате внедрения суперкомпьютерных технологий с использованием супер-ЭВМ и кластера IBM реализованы следующие цели и задачи:

- произведено оснащение подразделений предприятия вычислительной техникой;
- произведено оснащение подразделений предприятия программными комплексами для создания имитационных моделей и ведения сложных инженерных расчетов;



- выполнен анализ существующих информационных систем инженерного анализа, проблем их использования в ракетно-космической отрасли, и показана необходимость инновационных подходов к внедрению информационных систем имитационного моделирования в практику создания новых образцов РКТ;
- определены основные направления применения суперкомпьютерных технологий при создании изделий РКТ по Федеральной космической программе России;
- сформулированы ключевые проблемы, связанные с проектированием и определён круг задач, при решении которых необходимо широкое внедрение компьютерного моделирования;
- предложена структура информационного обеспечения этапов проектирования и испытаний при создании изделий РКТ.

Ю.С. Артамонов

КОЛЛЕКТИВНАЯ РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Одной из актуальных проблем в разработке приложений для высокопроизводительных вычислений является быстро возрастающая сложность алгоритмов и систем, что ведёт к замедлению темпов разработки. В настоящее время очень востребована командная разработка, как в промышленном ПО, так и в научном. Во многом это обусловлено тем, что команда может разрабатывать многие модули и подсистемы параллельно, а одному разработчику сложно держать под контролем все аспекты работы приложения.

Общепризнанным стандартом для коллективной разработки ПО являются системы контроля версий (VCS), позволяющие вести работы над проектом большому числу разработчиков. Существует ряд сервисов сети Интернет, позволяющих бесплатно использовать VCS для работы над свободными проектами: Google Code, Github. Опыт показывает, что научные работы можно успешно вести в виде проекта с открытым исходным кодом, используя один из публичных хостингов VCS. Примеры: библиотека OpenCV [1], язык функционального программирования Scala [2].

Другим аспектом коллективной разработки является поддержание работоспособности проекта при частых изменениях различных подсистем разными разработчиками. Значит, необходим этап всестороннего тестирования, как отдельных модулей, так и их интеграции. Для этого разработчики применяют набор практик непрерывной интеграции - Continuous Integration (CI) [3]. Процесс



работы над проектом с применением CI показан на рисунке 1. В дополнение к CI существует набор практик по осуществлению эффективной поставки ПО – Continuous Delivery (CD) [4], определяющих то, как проводить поставку ПО, приёмочное тестирование и введение в эксплуатацию максимально эффективно и при помощи средств автоматизации. Практики CI и CD возможно адаптировать для работы над научными проектами в сфере высокопроизводительных вычислений.

Перейдём к специфике работы над научными проектами, в частности при разработке параллельных приложений.

Под окружением мы будем понимать некоторый программно-аппаратный комплекс: совокупность физических ЭВМ, каналов связи, периферийных устройств и ПО, необходимого для работы системы. Хорошим примером является кластер серверов: узлы кластера, высокоскоростные сети передачи данных, система пакетной обработки.

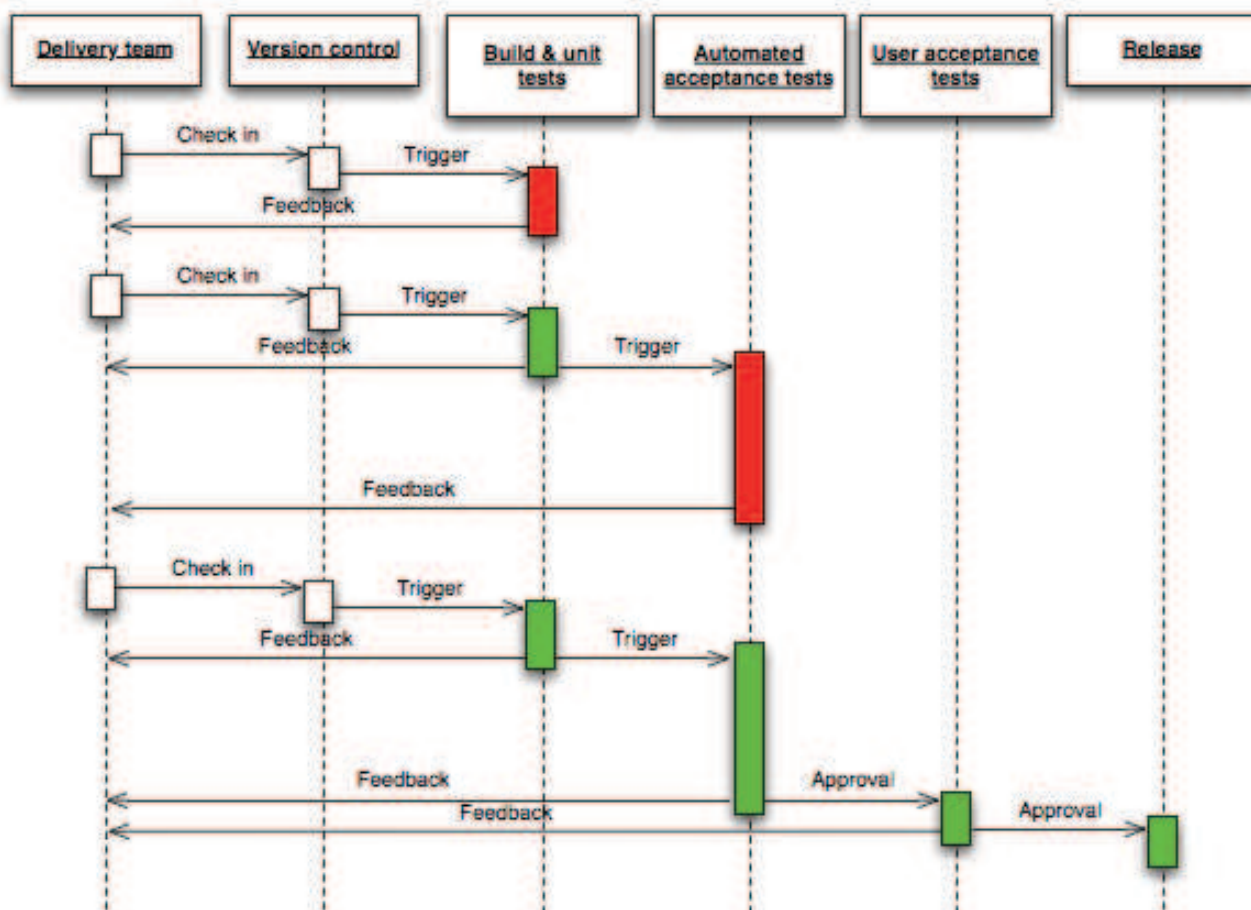


Рис. 1. Диаграмма последовательности процесса непрерывной интеграции

В разработке приложений для научных вычислений есть ряд проблем, отсутствующих в массовой коммерческой разработке:

- сильная зависимость приложений от окружения: нестандартный набор ПО, периферийных устройств, сложная конфигурация оборудования;
- необходимость обеспечения заданной производительности даже для тестовых окружений;
- сложный (длительный) процесс развёртывания ПО в целевом окружении;



- необходимость соблюдать регламент работы с целевым окружением, которое часто является общим для многих групп разработчиков и проектов, а также требует оформления доступа.

Все эти проблемы характерны и при разработке параллельных приложений на базе суперкомпьютера «Сергей Королёв» в СГАУ.

Для автоматизации командной работы над проектами параллельных приложений нами был разработан веб-сервис Templet, работающий на базе Медиацентра СГАУ. Он позволяет:

- просто и быстро начать разработку проекта высокопроизводительного приложения при помощи шаблонов вычислительных методов пакета Templet SDK [5]: портфель задач, конвейер и другие;
- организовать работу команды над проектом с применением VCS, поддерживается Subversion, планируется поддержка Git;
- вести обсуждения проекта, получить доступ к общим окружениям развёртывания и запущенным задачам;
- разворачивать приложение в тестовом и целевом окружениях (поддерживается неограниченное число окружений для проекта);
- отслеживать работу приложения во время продолжительных вычислений;
- получать уведомления о статусе задач в целевых окружениях.

Этапы развёртывания проекта:

- получение исходного кода или бинарных артефактов из VCS;
- добавление задачи в очередь развёртывания;
- загрузка пакета развёртывания в целевое окружение;
- опциональная сборка проекта в целевом окружении;
- запуск.

Далее по расписанию специальный демон-процесс проверяет статус запущенной задачи, добавляет записи в журнал событий задачи, а также высылает уведомления о статусе по e-mail. Поддерживаемые окружения:

- Виртуальные окружения Linux, на базе Debian: возможно использовать любые настроенные машины пользователя, необходим доступ из сети Интернет по протоколу SSH;
- Суперкомпьютер «Сергей Королев»: необходима учётная запись, предоставленная Суперкомпьютерным центром СГАУ.

Проект может быть написан на любом языке программирования и с использованием всех необходимых библиотек, требуется лишь соблюдать минимальные требования к его структуре.

В перспективе мы планируем добавить тип окружений «Облако», скрывающий расположение и технические параметры целевого окружения, а также реализовать управление облаком и потоком вычислительных задач.



Литература

1. <http://opencv.willowgarage.com/wiki/> - Open Source Computer Vision Library
2. <http://www.scala-lang.org/node/8579> - Scala Team Wins ERC Grant
3. <http://martinfowler.com/articles/continuousIntegration.html> - Martin Fowler - Continuous Integration
4. <http://jamesbetteley.wordpress.com/2011/08/04/continuous-delivery/> - James Betteley - 8 Principles of Continuous Delivery
5. Востокин С.В. Templet – метод процессно-ориентированного моделирования параллелизма // Программные продукты и системы, 2012. №3. с. 9 – 12

С.В. Болтанов

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТИПОВОГО РЕШЕНИЯ «МЕТОД ПЕРЕМЕННЫХ НАПРАВЛЕНИЙ»

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

В статье развивается подход, описанный в [1], позволяющий расширить и упростить применение высокопроизводительной вычислительной техники в численном моделировании. Ключевыми концепциями данного подхода являются применение типовых решений (паттернов) параллельного программирования, автоматическое распараллеливание и развертывание кода в различных программно-аппаратных архитектурах, разделение ролей системный программист – прикладной программист, использование интегрированных сред разработки (IDE) и методов визуализации кода на основе технологий XML.

Рассмотрим, каким образом может быть осуществлено распараллеливание численных моделей, основанных на методе переменных направлений. Пример также иллюстрирует технологию разработки произвольных последовательно-параллельных программ в нотации Templet [1].

AltDir1

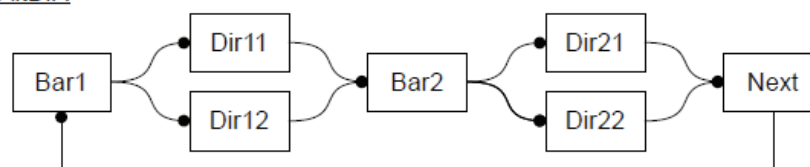


Рис. 1. Композиция процессов в методе переменных направлений с функциональной декомпозицией

Структура процессов для функциональной декомпозиции показана на рисунке 1. Процессы слева Dir11 и Dir12 выполняют вычисления горизонтальных независимых прогонок на $\frac{1}{2}$ шага, процессы справа Dir21 и Dir22 выполняют вычисления вертикальных независимых прогонок при окончании шага (или на-



оборот: левые процессы – вертикальные, правые – горизонтальные прогонки). Реализация барьера по окончании $\frac{1}{2}$ шага изображена на рисунке 2 (б). Метод `bar` отправляет сообщения, если закончились все входящие параллельные ветви. Контроль корректности последовательно-параллельной структуры реализуется при помощи ответных сообщений `ret` в каналах `Link` на рисунке 2 (а).

В программной реализации по модели данные сообщения не обязательны. Другие два барьерных процесса устроены аналогично процессу рисунка 2 (б) [2]. Автором рассматривалась параллельная реализация численного метода, описанного в работе [3].

Для решения задачи нелинейной динамики использовалась схема ADI [2], реализующая метод переменных направлений в общей памяти. В код обычной схемы ADI были добавлены директивы компилятора OpenMP (Open Multi-Processing), которые предназначены для программирования многопоточных приложений на многопроцессорных системах с общей памятью.

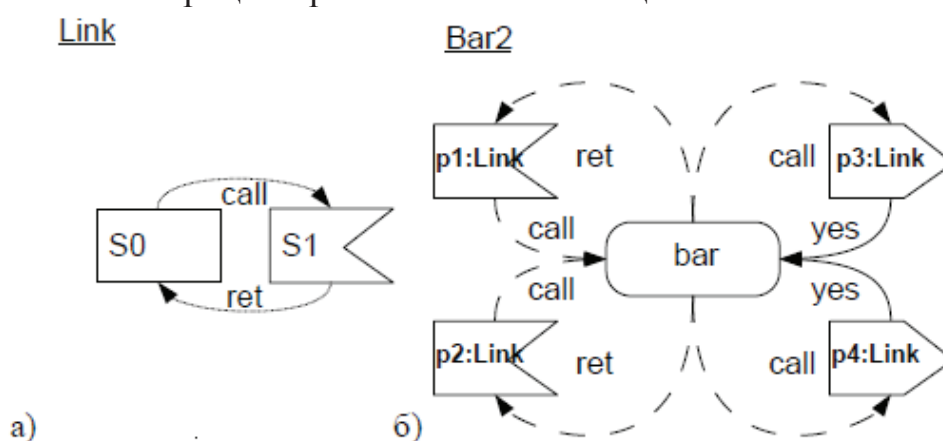


Рис. 2. Описание протокола канала (а) и барьера (б) в методе переменных направлений с функциональной декомпозицией

Использование директив компилятора OpenMP позволило выполнять процессы слева `Dir11` и `Dir12`, вычисляющие горизонтальные независимые прогонки на $\frac{1}{2}$ шага, и процессы справа `Dir21` и `Dir22`, вычисляющие вертикальные независимые прогонки при окончании шага, параллельно. За счет этого время работы программы значительно сократилось.

Был разработан второй вариант схемы ADI. Во-первых, описание всех переменных, констант и методов были вынесены в один класс. Во-вторых, каждому методу добавлен модификатор `inline`, т.е. тело метода подставляется в каждую точку вызова, вместо того, чтобы генерировать код вызова. Причина использования `inline`-методов заключается в их эффективности. Всякий раз, когда вызывается метод, необходимо выполнить серию инструкций для формирования вызова метода, вставки аргументов в стек и возврата значения. В некоторых случаях для этого приходится использовать много тактов центрального процессора.

В экспериментах на многоядерной настольной системе решалась задача на области размером 500×500 по пространству и 100 отсчетов по времени. Ис-



пользовался компьютер Samsung NP300E5A (Intel Core i5-2450M 2.50GHz) с установленной ОС Windows 7 Home Basic 64 bits.

Результаты эксперимента сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Время вычислений измененной схемы ADI

Время вычислений (вариант 1), сек.	Время вычислений (вариант 2), сек.
13.060	12.673
12.675	12.286
12.272	12.716
12.441	12.551
12.352	12.629
12.500	12.790
12.276	12.877
12.705	13.002
12.468	12.912
12.338	12.766

Из таблицы 1 видно, что среднее время вычисления в первом и втором вариантах схемы ADI примерно равно. Результаты этого эксперимента можно сравнить с результатом вычисления по обычной схеме ADI без добавлений директив компилятора OpenMP, модификаторов Inline и т.п.

Таблица 2. Время вычисления обычной схемы ADI

Время вычисления, сек.
29.694
29.344
29.299
29.134
29.499
30.306
29.716
29.923
29.507
28.856

Таким образом, применение директив компилятора OpenMP ускорило вычисления более чем в 2 раза: при применении типовой и измененной схемы ADI эффективность распараллеливания остается достаточно высокой. Однако использование типовой схемы обладает некоторыми преимуществами. Во-первых, вносится наглядность и удобство для разработчика численных методов. Во-вторых, появляется возможность скрыть от пользователя метод распараллеливания. Код системы Graphplus templet зарегистрирован Федеральным институтом промышленной собственности и открыт для некоммерческого применения (<http://graphplus.ssau.ru>).



Литература

1. Востокин С.В. Визуальное моделирование в разработке параллельных алгоритмов. Метод и программные средства. LAMBERT Academic Publishing, 2011. 304 с.
2. Востокин С.В., Хайрутдинов А.Р., Литвинов В.Г. Программный комплекс параллельного программирования Graphplus templet // Вестник СамГТУ: Сер. Физико-математические науки, 2011. – № 4 (25). – с. 146 – 153
3. Курушина С.Е. Аналитическое исследование и численное моделирование контрастных диссипативных структур в поле флуктуаций динамических переменных // Изв. вузов: Прикладная нелинейная динамика, 2009. – № 6. – с. 125 – 138

Д.Г.Воротникова

СОВМЕСТНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА С FDTD-МЕТОДОМ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Введение

Сегодня можно говорить о том, что экстенсивное развитие процессоров путем наращивания частоты исчерпало себя, и для повышения производительности требуется применение новых подходов в программировании, в том числе векторных и параллельных вычислений. Как известно, генетические алгоритмы и FDTD-метод относятся к числу тех алгоритмов, которые могут быть эффективно распараллелены.

Вопросам вычислений на GPU и в частности вопросам реализации FDTD-метода на видеокартах посвящено множество работ и библиотек. Совместной реализации FDTD-метода на GPU с параллельным генетическим алгоритмом посвящено дальнейшее изложение.

1 FDTD-метод

Метод конечных разностей во временной области (Finite Difference Time Domain, FDTD) — один из наиболее популярных методов численной электродинамики, основанный на дискретизации уравнений Максвелла, записанных в дифференциальной форме. FDTD относится к общему классу сеточных методов решения дифференциальных уравнений. Базовый алгоритм метода был впервые предложен Кейном Йи (Калифорнийский университет) в 1966 г. в статье «Numerical solution of initial boundary value problems involving maxwell's equations in isotropic media»[1]. Однако имеющуюся популярность FDTD приобрел только в 90х гг. прошлого столетия, когда он стал основным для моделирования самых разных оптических приложений: для расчета рассеяния падающей волны на различных структурах, для моделирования излучения источника



в заданном электромагнитном окружении, для изучения оптических свойств резонаторов и волноводов и т. д.

Один из основных плюсов FDTD-метода, на взгляд автора, является присущая методу высокая параллельная эффективность, которая позволяет проводить расчеты больших задач на кластерных вычислительных системах. Существует достаточно большое количество готовых библиотек и пакетов, предлагающих различные параллельные реализации данного метода и имеющие открытые исходники, которые при необходимости возможно доработать. К примеру, библиотека EMTL[2], использующая вызовы MPI, позволяет производить вычисления одновременно на нескольких ядрах процессора или на нескольких процессорах в кластере. Пакет B-CALM (Belgium California Light Machine[3]) - это моделирующее устройство для реализации FDTD-метода на GPU.

2 Генетический алгоритм

В 1966 г. Л.Дж.Фогель, А.Дж. Оуэнс, М.Дж.Волш[4] предложили и исследовали эволюцию простых автоматов, предсказывающих символы в цифровых последовательностях. В 1975г. Д.Х.Холланд[5] предложил схему генетического алгоритма. Эти работы легли в основу главных направлений разработки эволюционных алгоритмов. На сегодняшний день генетические алгоритмы - это популярные способы решения задач оптимизации. В их основе лежит использование эволюционных принципов для поиска оптимального решения. Существует множество различных моделей генетических алгоритмов, приспособленных как для последовательных, так и параллельных вычислений.

3 Совместные реализации генетического алгоритма с FDTD-методом.

В общем виде сочетание генетического алгоритма с FDTD методом можно схематично представить как на рисунке 1. Зачастую вычисление FDTD-метода требует больших временных затрат [6], но, как было упомянуто выше, FDTD-метод достаточно эффективно параллелится, поэтому мы приходим к схеме, когда FDTD-вычисления производятся на GPU (рисунок 2).

Если говорить о параллельном исполнении генетического алгоритма, то, наиболее адекватной моделью данного алгоритма для реализации на кластере с большим количеством независимых узлов автору представляется островная модель[7]. Представим группу близко расположенных островов, на которых живут популяции одинаковой численности. Эти популяции развиваются независимо, обмениваясь представителями своих популяций. То есть главная особенность островной модели генетического алгоритма — это использование нескольких независимых подпопуляций с миграцией между ними.

Для генерации начальных популяций автор рассматривает идею микро-генетического алгоритма[8]. Термин «микро-генетический алгоритм» означает алгоритм, использующий очень небольшую численность популяции с переинициализацией. Идея была предложена Голдбергом, согласно его теоретическим исследованиям численность населения 3 особи достаточна, чтобы сходиться, независимо от длины «хромосомы». Процесс, предложенный Голдбергом, запускается с малочисленным в произвольном порядке сгенерированным населением, к нему применяются генетические операторы и затем генерируется новая



популяция, в которую попадают лучшие особи, остальные же в произвольном порядке генерируются заново. Krishnakumar[9] продолжил исследования микро-генетического алгоритма. В своих опытах он использовал численность населения 5 особей и показал, что микро-генетический алгоритм дает результат для некоторых задач быстрее, чем стандартный с 50 особями.

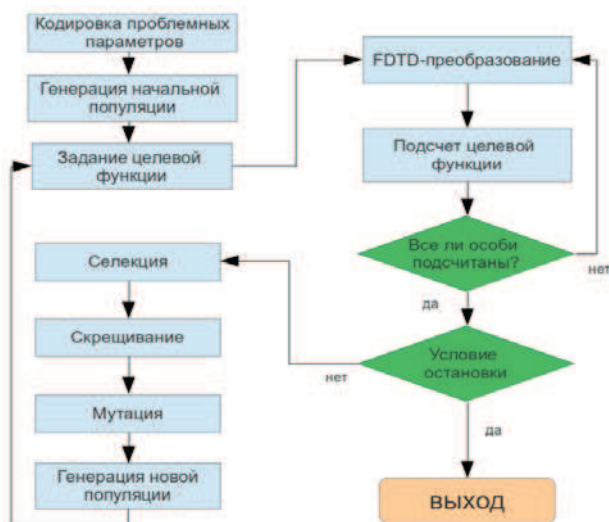


Рис. 1. Совместная реализация
ГА и FDTD.

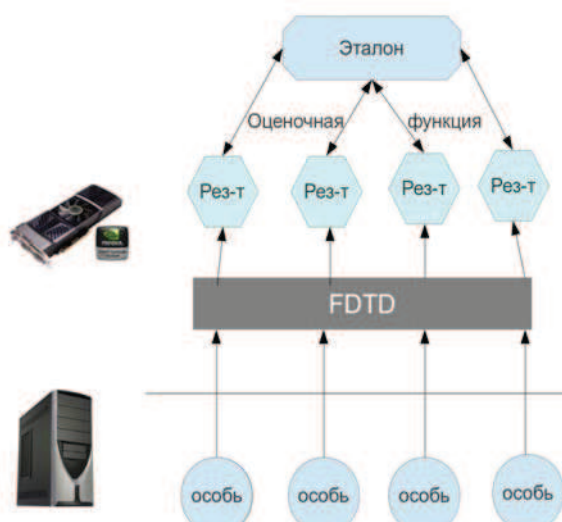


Рис. 2. Совместная реализация
ГА и FDTD на GPU

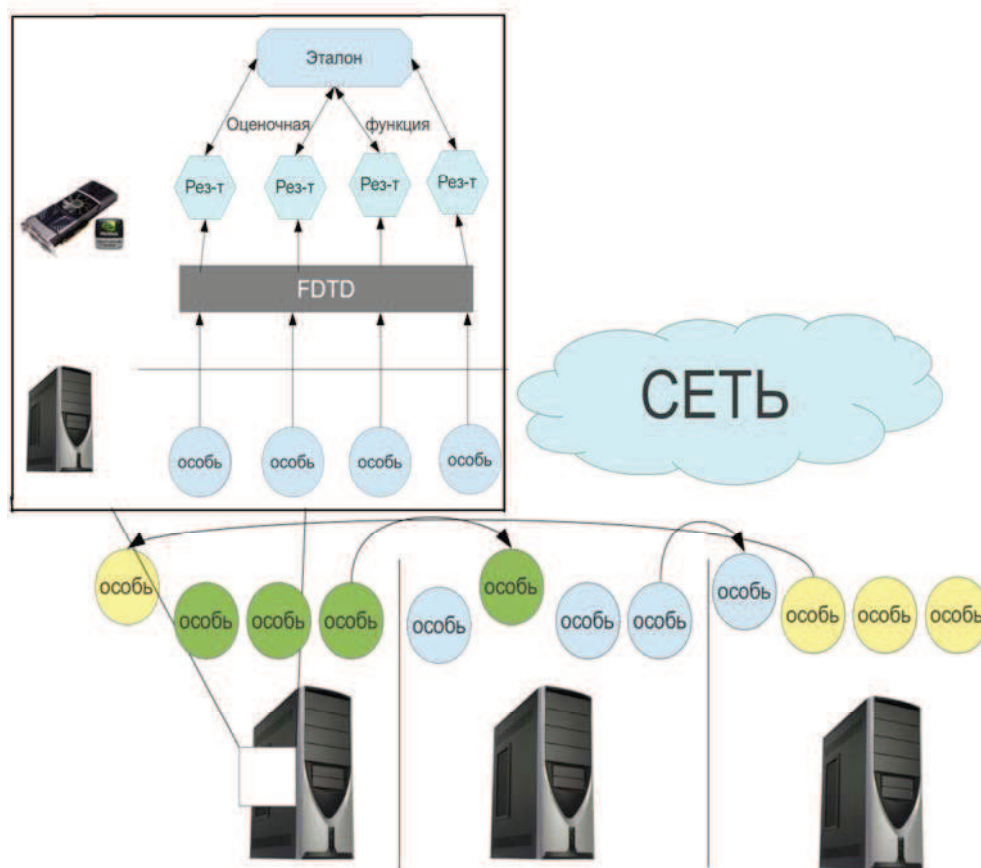


Рис. 3. Островная модель микро-генетического алгоритма



В итоге, оптимальная модель совместной реализации генетического алгоритма с FDTD-методом видится автором данной статьи, как островная модель генетического алгоритма, использующая микро-генетический алгоритм для каждой подпопуляции острова (рисунок 3).

Заключение

Появление и бурное развитие вычислений на графических процессорах и кластерных компьютерах позволило существенно снизить длительность расчетов разнообразных задач и методов компьютерной оптики, что открывает широкие перспективы для исследований в данной области. В настоящей работе впервые предложена идея решения обратных задач нанофотоники и нанооптики посредством совместной реализации генетического алгоритма и FDTD-метода на кластерной вычислительной системе с графическими процессорами.

Литература

1. Kane Yee Numerical solution of initial boundary value problems involving Maxwell's equations in isotropic media // IEEE Transactions on Antennas and Propagation 14 (3), 1966. – pp. 302 – 307
2. Electromagnetic Template Library (EMTL) // Url: <http://fdtd.kintechlab.com/ru/start>.
3. Pierre Wahl, Dany-Sebastien Ly-Gagnon B-CALM: An open-source GPU-based 3D-FDTD with multi-pole dispersion for plasmonics // Optical and Quantum Electronics, Volume 44, Issue 3 – 5, 2012. – pp. 285 – 290
4. Fogel David B. Evolutionary Computation: The Fossil Record. – New York: IEEE Press, 1998
5. Holland J.H. Adaptation in natural and artificial systems. – University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975
6. Jianhua Jiang and Gregory P. Nordin A rigorous unidirectional method for designing finite aperture diffractive optical elements // The University of Alabama in Huntsville, 2000
7. Pettey C.B., Leuze M.R., Grefenstette J.J. A parallel genetic algorithm// Grefenstette J. J., Ed., Proceedings of the Second International Conference on Genetic Algorithms. – Hillsdale NJ: Lawrence Erlbaum Associates, 1987. – pp.155-161
8. Jeffrey Horn, Nicholas Nafpliotis, and David E. Goldberg. A Niched Pareto Genetic algorithm for multiobjective optimization // In Proceedings of the First IEEE Conference on Evolutionary Computation», IEEE World Congress on Computational Intelligence, volume 1, Piscataway, New Jersey, June 1994. – pp. 82 – 87
9. Krishnakumar K. Micro-genetic algorithm for stationary and non-stationary function optimization, SPIE 1196, 1989. – pp. 289 – 296



С.В. Востокин, В.Г. Литвинов, Д.Д. Макагонова, А.Р. Хайрутдинов

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ В НОТАЦИИ TEMPLET

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Процессно-ориентированный метод представления параллелизма применяется в задачах численного моделирования, в системах сбора и обработки данных, при описании организационных и производственных процессов [1-5]. Используемые нотации, в основном, сходны между собой на верхнем уровне процессов и их взаимосвязей. Однако, применяя специальные приемы описания логики работы самих процессов и протоколов их взаимодействия, можно получить более адекватное и удобное представление параллелизма в моделируемой предметной области. В работе рассматривается метод моделирования «Templet», предназначенный для описания параллельных численных алгоритмов. Метод является усовершенствованным вариантом графической нотации системы автоматизации параллельного и распределенного программирования Graphplus templet [6], разрабатываемой в рамках исследовательского проекта «Граф Плюс» (graphplus.ssau.ru) Самарского государственного аэрокосмического университета (национального исследовательского университета).

Актуальность и постановка задачи. Технические средства организации параллельных вычислений в задачах численного моделирования доступны и разнообразны: многоядерные настольные системы; кластеры и суперкомпьютеры; распределенные вычисления в сети интернет; GPGPU-процессоры. Однако существует проблема различия компетенций прикладного программиста и системного программиста. Прикладной программист знает, как по аналитической модели разработать численный метод и построить последовательную программу. В то же время понимание аппаратных особенностей, низкоуровневых системных средств, операционных систем, различных API параллельного программирования, методов синхронизации процессов является компетенцией системного программиста. Поэтому актуальна организация взаимодействия специалистов для эффективного решения задач моделирования. Целью работы является демонстрация подхода, основанного на графическом языке моделирования, который может являться основой такого взаимодействия. В процессе разработки графической нотации Templet решались следующие задачи: (1) построение модели с процедурной семантикой; (2) обеспечение минимального числа графических примитивов и простой семантики исполнения; (3) понятность для прикладного программиста правил преобразования модели в код; (4) совместимость с современными технологиями программирования.

Основные результаты и научная новизна. Основа языка Templet - модель процессов диффузного типа. В данной модели конструктивными элементами являются пассивные процессы и активные двунаправленные каналы, соеди-



няющие их. Логика процессов, логика каналов, а также способ композиции каналов и процессов представляются тремя типами диаграмм. Модель позволяет выполнить декомпозицию параллельного алгоритма на последовательные процедуры и типы данных, передающихся в сообщениях. При этом строго определяется контекст вызова процедур в терминах определенных пользователем типов данных для сообщений и состояний процессов.

В новой версии системы Templet, представленной в работе, нам удалось упростить графическую нотацию за счет сокращения числа графических примитивов до 3х типов связей и 4х типов вершин в аннотированных орграфах моделей. Было упрощено и структурировано описание семантики исполнения путем выделения групп правил для запуска метода, отправки исходящих сообщений и переходов управления. Построена библиотека примеров моделей типовых параллельных алгоритмов, демонстрирующих практическое применение нотации Templet.

В первой части презентации дается полное описание графической нотации и семантики исполнения на примере процесса типа «Разветвление-Слияние». Далее рассматривается описание прикладных алгоритмов.

Показано, каким образом может быть осуществлено распараллеливание численных моделей, основанных на методе переменных направлений. Приводится пример модели алгоритма метода переменных направлений, использующего функциональную декомпозицию. Пример иллюстрирует технологию разработки произвольных последовательно-параллельных программ в нотации Templet. Далее тот же алгоритм распараллеливается в технике декомпозиции по данным. Представлен пример построения параллельных алгоритмов для двумерных сеток из процессорных элементов.

Типовыми схемами решения многих переборных и оптимизационных задач являются схемы «управляющий-рабочие». Рассматривается модель одной из общих схем управления вычислениями из данного класса: «вычисление с портфелем задач». Это схема с активными рабочими, реализующая управление pull-типа. Здесь иллюстрируется описание сложного протокола взаимодействия процессов (по сравнению с протоколами «запрос-ответ») с несколькими типами сообщений.

Далее рассматривается пример описания вычислительного «конвейера»: линейной регулярной структуры процессов. Этот пример иллюстрирует, каким образом удастся лаконично описать инициализацию и остановку вычислений в предлагаемой нотации.

Для автоматизации построения моделей в нотации Templet нами разработаны расширения для редакторов диаграмм Draw из пакета Open Office и Visio из пакета Microsoft Visual Studio. Новый формат диаграмм поддерживается в созданном ранее трансляторе Graphplus templet (доступен для загрузки на сайте graphplus.ssau.ru), что позволяет получить код параллельной программы непосредственно по ее модели.

Совместно со специалистами прикладных областей, используя нотацию Templet, выполнена разработка параллельных алгоритмов решения задач из об-



ласти нелинейной динамики [7] (параллельный алгоритм метода переменных направлений с функциональной декомпозицией) и компьютерной оптики [8] (параллельный алгоритм решения уравнения Максвелла для плоской волны по схеме конвейера). Эффективность алгоритмов проверена на персональных многоядерных системах и суперкомпьютере «Сергей Королев» Самарского государственного аэрокосмического университета [9].

Литература

1. Process Description Capture Method / <http://www.idef.com/IDEF3.htm>.
2. Unified Modeling Language / <http://www.omg.org/spec/UML/>.
3. The Ptolemy Project / <http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/>
4. Шерп А.-В. ARIS – моделирование бизнес-процессов. – Вильямс, 2000. – 175 с.
5. Востокин С.В. Визуальное моделирование в разработке параллельных алгоритмов. Метод и программные средства. LAMBERT Academic Publishing, 2011. – 304 с.
6. Востокин С.В. Система автоматизации параллельного программирования Graphplus templet / В сб.: Параллельные вычисления и задачи управления: Тр. Пятой Международн. конф. М.: ИПУ РАН, 2010. – с. 1143-1156
7. Курушина С.Е. Аналитическое исследование и численное моделирование контрастных диссипативных структур в поле флуктуаций динамических переменных // Известия ВУЗов. Прикладная нелинейная динамика. 2009. – №6. – с. 125 – 138
8. Головашкин Д.Л., Сойфер В.А. Анализ прохождения электромагнитного излучения через дифракционную линзу // Автометрия, 1999. – Вып.6. – с. 119 – 121
9. Востокин С.В., Хайрутдинов А.Р., Литвинов В.Г. Программный комплекс параллельного программирования Graphplus templet // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки, 2011. – №4 (25). – с. 146 – 153

К.И. Глазачев, А.Н. Коварцев

РАЗРАБОТКА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ГЛОБАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Введение. Одним из наиболее часто встречающихся на практике типов задач, являются задачи оптимизации целевых функций. Обычно поиск решения таких задач требует большого числа вычислений и существенных затрат времени. Решение данной проблемы можно искать на пути распараллеливания уже существующих алгоритмов, что в общем случае является нетривиальной задачей. В настоящее время одним из наиболее исследуемых и популярных направ-



лений в области глобальной оптимизации целевых функций являются генетические алгоритмы (ГА).

Генетический алгоритм – это эвристический алгоритм поиска, используемый для решения задач оптимизации путём случайного подбора, комбинирования и вариации искомых параметров с использованием механизмов, напоминающих биологическую эволюцию [1].

К основным преимуществам ГА относят: отсутствие ограничений на оптимизируемую функцию, способность эффективно решать задачи оптимизации для функций больших размерностей. К недостаткам ГА можно отнести: длительное время работы, возможность вырождения решений и невысокую точность.

Существует ряд проблем, затрудняющих использование ГА при решении практических задач. Во-первых, не существует единообразия в существующих описаниях данного алгоритма. Обычно даны лишь общие рекомендации, которые допускают разночтение в процессе программирования. Во-вторых, эффективность работы алгоритма очень чувствительна к настройке его параметров. Как показали эксперименты, не существует таких настроек, которые бы были бы одинаково хорошими для всех задач. В работе приводятся результаты анализа эффективности существующих ГА и предлагаются способы их совершенствования.

Основные понятия

Рассмотрим следующую постановку задачи глобальной оптимизации [2].

Пусть необходимо найти: $\bar{x}_{\min} = \arg \min_{\bar{x}_k \in X} f(\bar{x}_k)$, где: X – допустимое множество решений; $f(\bar{x}_k)$ – функция, определенная на множестве X ; $\bar{x}_k \in X$ имеет вид $\bar{x}_k = (x_1, \dots, x_n)^T$, $x_i \in [0, 1]$.

Введем следующие обозначения:

Точка $\bar{x}_k = (x_1, \dots, x_n)^T$ – особь; множество точек $\{\bar{x}_k\}_{k=1}^N$ – популяция; $f(\bar{x}_k)$ – количественная характеристика приспособленности особи, называемая фитнес-функцией; числа $x_1, \dots, x_n$ в своем десятичном представлении определяют фенотип особи, а в двоичном – генотип. Строка, полученная конкатенацией двоичных представлений этих чисел, – хромосома; каждая цифра (бит) в хромосоме – ген.

Несколько упрощая ситуацию, выделим две основные части ГА – принцип селекции и генетические операции.

В ГА под селекцией понимается выборка особей из популяции на основе значений их фитнес-функций. Именно селекция обеспечивает сходимость ГА. Селекция в ГА применяется при отборе особей для генетических операций и при отборе получившихся от этих операций потомков. Как правило, реализация селекции состоит в том, что чем лучше показатель фитнеса каждой особи, тем выше ее шансы породить потомков. Из потомков выживают те особи, у кото-



рых лучше показатель фитнес–функции. В результате из популяции постепенно отсеиваются худшие решения.

К основным генетическим операциям относятся:

- *Скращивание*. Является основной операцией. Это оператор случайного формирования новой особи из двух выбранных родителей с сохранением признаков обоих родителей.
- *Мутация*. Применяется к одной особи и заключается в том, что в хромосоме выбранной особи один или несколько бит, случайно выбранных, либо заранее заданных, меняются на противоположные значения.
- *Инверсия*. Также применяется к одной особи. В результате этой операции часть бит «срезается» с конца хромосомы и «пришивается» к началу.

Последовательная и параллельная схемы ГА

На Рисунке 1 а) представлена последовательная схема ГА.

Первая популяция инициализируется случайными числами из интервала $[0, 1]$ по равномерному закону распределения. После чего рассчитывается фитнес–функция каждой особи и оценивается ее пригодность. Под условием выхода будем понимать, например, достижение определенной точности вычислений, или превышение некоторого количества итераций (поколений).

Скращивание, мутация и инверсия выполняются с некоторыми вероятностями. Если все значения вероятностей меньше единицы, то для получения потомка может понадобиться больше одной итерации. В ГА пополнение популяции обычно организуется комбинированным использованием генетических операций.

Формирования нового поколения может осуществляться двумя способами: новое поколение состоит только из потомков, либо состоит из потомков и лучшей особи из всех поколений (принцип элитизма). На этапе формирования нового поколения оценивается пригодности новых особей с использованием фитнес–функций.

Ввиду того, что генерация каждой особи следующего поколения происходит независимо от остальных, процесс формирования нового поколения можно распараллелить на любое число процессов от двух и до числа особей в популяции. Таким образом, параллельный генетический алгоритм выглядит так, как представлено на Рисунке 1 б). Формирование нового поколения разбивается на k процессов, работающих параллельно. В результате работы каждый процесс возвращает массив из M особей так, что $Mk = N$, т.е. общее число особей в популяции. По окончании работы всех процессов массивы объединяются в новое поколение.

Исследование эффективности генетических операций и разработка альтернатив

Генетические алгоритмы упрощенно можно ассоциировать с организованным определенным образом случайным поиском экстремума функции, т.е. методом Монте-Карло. Для любого случайного поиска является важным равномерное распределение случайных точек в допустимой области поиска. Для



генетических операций распределение возможных потомков по области неизвестно. Генетические операции сами по себе не обеспечивают эффективный поиск оптимального решения. Целесообразно исследовать их свойства. Рассмотрим отдельно каждую из генетических операций и оценим вариативный ряд потомков, которые они порождают. Для наглядности рассматривался случай, когда размерность задачи $n = 2$.

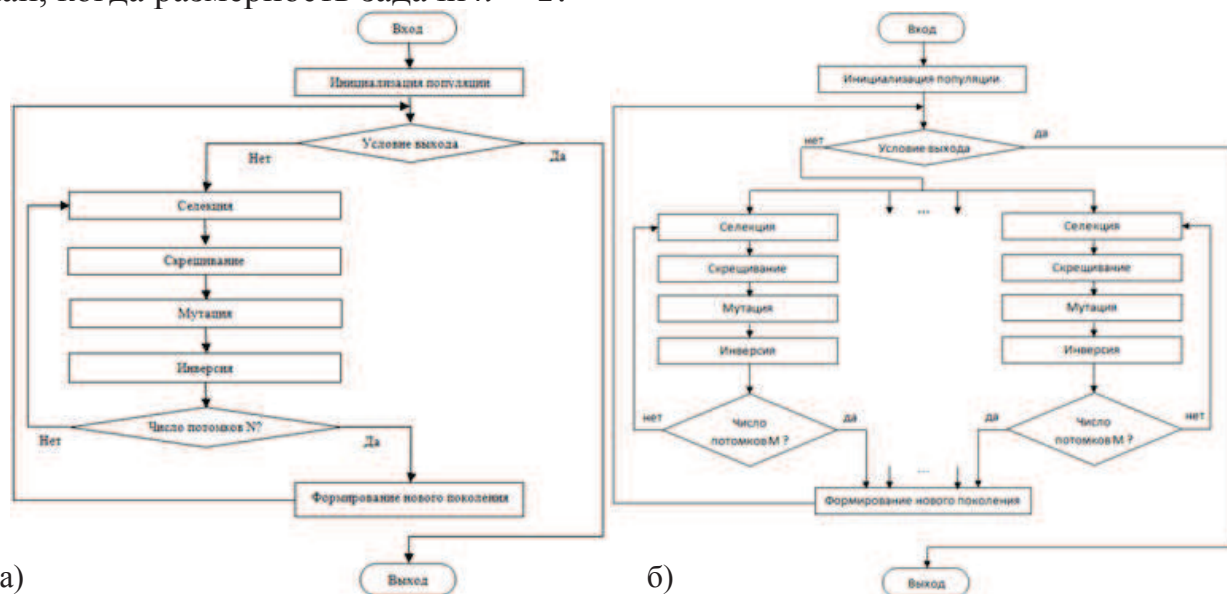


Рис. 1. Схема стандартного генетического алгоритма

В результате исследования было выявлено, что для большинства операций их потомки располагаются либо по координатам родителей, либо, в лучшем случае, в узлах некоторой неравномерной решетки, т.е. генетические операции представляют собой несколько измененный вариант случайного покоординатного поиска. Очевидно, что случайный покоординатный поиск является наименее эффективной стратегией оптимизации. Кроме того, потомки в больших количествах дублировали друг друга.

Рассмотрим альтернативные генетическим, но более эффективные операции. Для операции мутации в качестве альтернативы предлагается использовать розыгрыш случайной точки в окружности (Рисунок 2а), либо в кольце (Рисунок 2б), центрами которых являются родительские особи. Альтернативой скрещивания является розыгрыш случайной точки в эллипсе рассеянья (Рисунок 2в), в фокусах которого расположены родители. Инверсия заменяется на розыгрыш случайной точки в квадрате.

Предложенные операции обладают равномерной областью покрытия и фактически исключают повторение потомков, а поиск лучших решений в окрестности родителей является более логичным, чем покоординатный поиск.

Новый математический алгоритм (МА) получается посредством замены генетических операций на альтернативные, т.о. общая схема генетического алгоритма не затрагивается, а следовательно никаких сложностей с распараллеливанием не возникает.

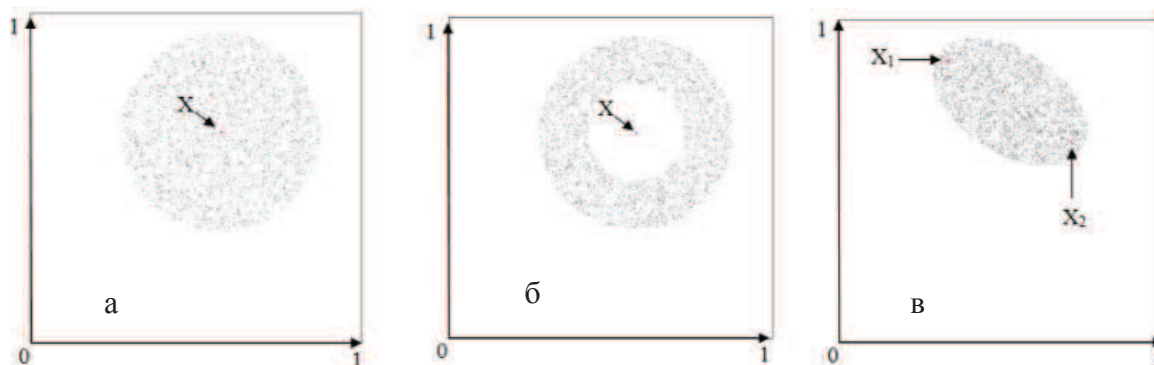


Рис. 2. Альтернативные операции
Сравнение ГА и МА

Сравнение алгоритмов проводилось на задачах размерности $n \in [2,6]$. В качестве тестовой функции была выбрана функция Растригина. Это многоэкстремальная функция с одним глобальным минимумом равным нулю в точке $\bar{x}_{\min} = (0, \dots, 0)^T$. В качестве критерия остановки была выбрана погрешность $\varepsilon = \|\bar{x} - \bar{x}_{\min}\|$, а в качестве критерия эффективности – среднее число обращений к функции за серию из 100 – 250 тестов (в зависимости от размерности задачи). Результаты тестирования приведены на Рисунке 3.

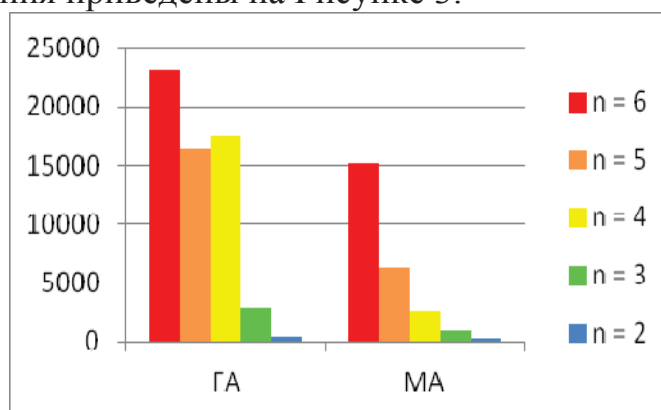


Рис. 3. Сравнительная гистограмма ГА и МА

Кроме того экстремумы функции Растригина располагаются по линиям параллельным осям координат (Рис. 4 а), что дает преимущество ГА ввиду его покоординатного характера поиска. Поэтому были проведены дополнительные тесты на функции с применением различных матриц поворота относительно центра координат (Рис. 4 б), что привело к ожидаемому снижению эффективности ГА и несущественно повлияло на эффективность МА.

Заключение

Таким образом, было проведено исследование, как отдельных генетических операций, так и всего генетического алгоритма в целом. Был разработан альтернативный алгоритм и проведен его сравнительный анализ со стандартным генетическим алгоритмом на множестве тестовых задач. По результатам тестов альтернативный алгоритм показал существенно лучшие результаты во всех экспериментах, что дает основания к его широкому применению на практике вместо генетических алгоритмов.

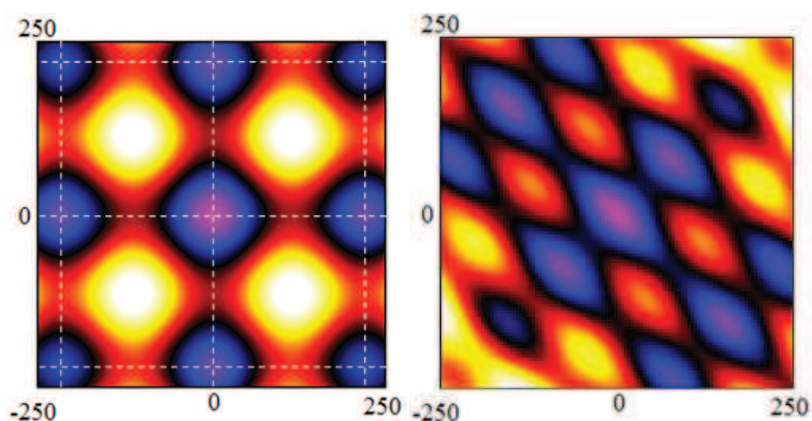


Рис. 4. Расположение экстремумов функции Растригина

Литература

1. Genetic algorithm / http://en.wikipedia.org/wiki/Genetic_algorithm
2. Жиглявский А.А., Жилинкас А.Г. Методы поиска глобального экстремума. – М.: Наука, Физматлит, 1991 – 248 с.
3. Сергиенко А.Б., Галушин П.В., Бухтояров В.В., Сергиенко Р.Б., Сопов Е.А., Сопов С.А. Генетический алгоритм. Стандарт. Часть I. Описание стандартного генетического алгоритма (сГА) / http://www.harrix.org/files/project_standart_ga/Geneticheskii_algoritm_Standart_v_1_5_Release_Candidate.pdf
4. Прикладная математика / <http://www.pm298.ru/linp4.php>

А.Д.Журавлев, В.С.Нечунаев

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ НА ПЛАТФОРМЕ BOINC

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Введение. В современном мире перед человечеством стоит много сложных технических и научных задач. Один из способов их решения это компьютерное моделирование. Чтобы провести моделирование с высокой степенью достоверности, нужны огромные вычислительные мощности. Обычно для этих целей используют суперкомпьютеры либо GRID системы, из кластеров или серверов. Но есть другой способ – объединить ПК частных лиц в GRID сеть с помощью специального программного обеспечения. И об одной из таких программных платформ, а именно о BOINC (Berkeley Open Infrastructure for Network Computing) и пойдет речь в данной статье.

Добровольные распределенные вычисления

Добровольные распределенные вычисления (ДРВ) – это распределенные вычисления на компьютерах, добровольно предоставляемых частными лицами, различным научным проектам. Участие в таких проектах не накладывает ни на пользователей ни на их компьютеры каких либо ограничений. Так как всё что для этого требуется это несколько простых условий. Первое - иметь доступ в Интернет для связи с сервером проекта. И второе - это простая установка кли-



ентской программы, которая запрашивает задания, выполняет необходимые вычисления и отправляет полученные результаты на сервер проекта, где те проходят дополнительную проверку.

Платформа BOINC

Платформа BOINC представляет собой стандартный набор из двух основных частей: серверная часть (BOINC Server) и клиентскую часть (BOINC Client) — оболочки, которую устанавливают у себя участники ДРВ. Серверную часть ПО, устанавливают и настраивают организаторы проектов, она включает в себя программные модули по созданию заданий, их рассылке и учету. Клиентская часть ПО находится на компьютере участника и представляет собой сам клиент, плюс удобный графический интерфейс (BOINC Manager). Он позволяет подключаться к различным проектам распределенных вычислений, контролировать получение заданий, ход расчетов, наличие или отсутствие ошибок и т.п. Первоначально платформа разрабатывалась для крупнейшего проекта добровольных вычислений — SETI@home, но впоследствии разработчики из Калифорнийского университета в Беркли сделали платформу доступной для сторонних проектов. На сегодняшний день BOINC является универсальной платформой для проектов в области математики, молекулярной биологии, медицины, астрофизики и климатологии. BOINC даёт исследователям возможность задействовать огромные вычислительные мощности персональных компьютеров со всего мира. По данным на октябрь 2012 года BOINC является сетью из более чем 540 000 активных компьютеров, со средней производительностью около 6600 терафлопс.

Серверная часть BOINC

Серверная часть состоит из HTTP-сервера с веб-сайтом проекта, базы данных MySQL и набора специальных служб: генератор заданий, планировщик, службы для проверки и обработки результатов. Сервер устанавливается только на Linux, предпочтительно Debian.

Службы представляют собой набор программ на C++.

HTTP-сервер представляет собой набор PHP-скриптов и необходим организаторам проектов для общего управления проектом: регистрация участников, распределение заданий для обработки, получение результатов, управление базами данных проекта.

В базе данных хранятся пользователи, пароли, записи заданий, результатов, информация о хостах, программах проекта и прочее.

BOINC-клиент

Для пользователей понятие BOINC чаще используется в контексте понятия BOINC-клиента — универсального клиента для работы с различными (BOINC-совместимыми) проектами распределённых вычислений. BOINC-клиент позволяет участвовать одновременно в нескольких проектах с помощью одной общей программы управления.

Для визуализации процесса управления BOINC-клиентом можно использовать либо поставляемую по умолчанию официальную программу-менеджер либо воспользоваться «неофициальной» программой для мониторинга и управ-



ления BOINC-клиентом. Следует отметить, что собственно BOINC-клиент в академическом понимании не имеет пользовательского интерфейса как такового, а представляет собой сервис, запускаемый при запуске системы, и управляется по протоколу TCP/IP. Однако, для конечного пользователя это не имеет значения, поскольку дистрибутив программы комплектуется программой-менеджером, которая сразу по умолчанию устанавливается вместе с BOINC-клиентом как единое целое и абсолютно прозрачна для пользователя. В этом случае в качестве адреса управляемого программой менеджером BOINC-клиента указывается адрес «localhost». Таким образом, с одной стороны, ничто не мешает пользователю использовать альтернативную программу-менеджер для управления BOINC-клиентом, а с другой стороны даёт возможность управлять несколькими BOINC-клиентами, находящимися на разных компьютерах из одной программы-менеджера. Также такая организация управления BOINC-клиентом подразумевает возможность использовать BOINC-клиент в «невидимом» режиме, когда запускается исключительно сервис, без пользовательского интерфейса вообще.

Наиболее известные сейчас ДРВ проекты

Активных BOINC-проектов сейчас очень много, поэтому определить популярность довольно сложно. Но можно выделить группу из SETI@home, Einstein@home, World Community Grid, Rosetta@home, ClimatePrediction.net, MilkyWay@home и LHC@home.

SETI@home занимается обработкой данных, получаемых на радиоастрономической обсерватории в Аресибо — с целью поиска в «космическом шуме» необычных, искусственных сигналов, которые бы явно свидетельствовали о том, что мы не одиноки во Вселенной. Масштабность и необычность задачи привели к тому, что SETI@home стал на долгие годы самым популярным проектом.

Einstein@Home занимается поиском гравитационных волн и нейтронных звезд (пульсаров), обрабатывая данные, поступающие из трех обсерваторий различного типа: гравитационных интерферометров LIGO, радиоастрономических обсерваторий Аресибо и Паркс и космической гамма-обсерватории Fermi.

World Community Grid — по сути целый набор подпроектов, каждый из которых в рамках WCG может рассылать свои задания. Основные направления — фармакология и разработка технологий ресурсосбережения и экологии. Главным организатором этого проекта является гигант компьютерной индустрии — IBM.

Rosetta@home моделирует процессы свертывания белков (фолдинг) и поиск их трехмерных структур, соответствующих состояниям молекул с минимальной энергией по известной химической формуле белка, что необходимо знать для поиска новых лекарств.

ClimatePrediction.net моделирует климат как всей планеты Земля в целом, так и ее отдельных участков с учетом различного набора факторов, влияющих на него.



MilkyWay@home, «просеивая» данные Слоановского обзора неба, выделяет из общей массы те звезды, которые принадлежат к звездным потокам вокруг нашей Галактики и моделируют историю их развития.

LHC@home моделирует прохождение пучков частиц внутри Большого адронного коллайдера. Цель проекта — подбор оптимальных значений параметров более чем 1000 магнитов таким образом, чтобы пучок терял как можно меньше частиц во время работы ускорителя, а детекторы, соответственно, собирали как можно больше интересующих физиков данных.

Какие важные результаты уже удалось получить с помощью добровольных распределенных вычислений?

Напомним, что 4 июля 2012 года учеными CERN было объявлено об обнаружении новой частицы, которая с высокой долей вероятности является бозоном Хиггса, поиски которого продолжаются уже почти полвека. Без проекта распределенных вычислений LHC@home открытие могло бы и не состояться или состояться значительно позже.

В Einstein@home открыто более трех десятков пульсаров, разработаны новые алгоритмы выделения полезных данных из зашумленного сигнала интерферометра LIGO для поиска гравитационных волн.

В MilkyWay@home удалось восстановить структуру приливного потока в созвездии Стрельца и реконструировать его историю.

В математических проектах типа PrimeGrid активно идет поиск простых чисел специального вида.

Российские проекты SAT@home и Gerasim@home уже выполнили свои первоначальные задачи по анализу алгоритма шифрования A5/1 и анализу качества разбиений граф-схем параллельных алгоритмов соответственно. А проекту SAT@home недавно удалось отыскать 2 пары новых диагональных ортогональных латинских квадратов порядка 10.

Кто организует проекты распределенных вычислений?

Спектр организаторов очень широкий — от небольших коллективов и даже одиночек до крупных научных центров. Основная причина организации таких проектов — относительная дешевизна, поскольку большая часть вычислительных ресурсов проекту достается практически даром. Трудно представить стоимость аренды суперкомпьютера для проекта типа Einstein@home, работающего уже много лет и достигшего производительности более 800 терафлопс.

Что побуждает людей участвовать в такого рода проектах?

Есть несколько причин. Одна из них это стать участником научного открытия. Так как участники, предоставившие ресурсы своих машин для вычислений обычно упоминаются при публикации результата. Например, в проекте Einstein@home публикуют имена (ники) тех участников, чьи компьютеры помогли обнаружить пульсары. Так же поступают организаторы SAT@home и многих других проектов. Следующая причина это желание помочь науке. Поэтому идут такие как: желание привлечь свой компьютер к решению полезных задач (ведь, по статистике, наши ПК большую часть времени не нагружают ни



процессор, ни видеокарту серьезными вычислительными задачами); посоревноваться в статистике с другими участниками, командами или даже странами.

Литература

1. Весь мир как суперкомпьютер / ТрВ № 110. – с. 7. / URL: <http://trv-science.ru/2012/08/14/ves-mir-kak-superkompyuter/>
2. BOINC URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/BOINC>
3. Платформа BOINC для организации распределенных вычислений. URL: <http://boinc.berkeley.edu/>
4. Российские распределенные вычисления на платформе BOINC URL: <http://www.boinc.ru/>

Кочуров А.В.

РЕШЕНИЕ НЕЯВНЫХ СЕТОЧНЫХ УРАВНЕНИЙ НА ГРАФИЧЕСКИХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ МЕТОДОМ ПИРАМИД

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Вопросам решения сеточных уравнений на графических процессорах (GPU) посвящено множество работ [1,2]. Приведенные в этих работах методы требуют, чтобы сеточная область целиком помещалась в видеопамяти. При этом объем видеопамяти позволяет обрабатывать трехмерные сеточные области размером в сотни узлов [2]. На практике, например, при проектировании оптических элементов с линейными размерами в микроны и нанометровыми неоднородностями, требуемый размер сеточной области составляет тысячи узлов по одному направлению [3]. В связи с этим существует потребность в методах решения сеточных уравнений, не требующих размещения всей сеточной области в видеопамяти. Тривиальный подход позволяет решить эту задачу путем увеличения коммуникаций между видеокартой и центральным процессором, однако это может привести к значительной деградации производительности.

Для явных сеточных уравнений был ранее предложен подход, основанный на модификации метода пирамид [4], были рассмотрены случай двумерной и трехмерной сеточной области. Данный метод позволяет варьировать длительность коммуникаций за счет дублирования вычислений и тем самым минимизировать общее время выполнения.

В настоящей работе представлен метод решения неявных сеточных уравнений методом пирамид.

Постановка задачи

В качестве иллюстрации предлагаемого метода рассмотрим следующее линейное одномерной однородное уравнение теплопроводности [5]



$\frac{\partial}{\partial t} U(x, t) = \alpha^2 \frac{\partial^2}{\partial x^2} U(x, t)$ с начальным условием $U(x, 0) = \varphi(x)$ с краевым условием $U(0, t) = U(W, t) = C$.

Простейшая неявная разностная схема для этого уравнения имеет вид:

$$\left(1 + 2\alpha^2 \frac{h_t}{h_x^2}\right) U_i^{(k+1)} - \alpha^2 \frac{h_t}{h_x^2} U_{i+1}^{(k+1)} - \alpha^2 \frac{h_t}{h_x^2} U_{i-1}^{(k+1)} = U_i^{(k)} \quad (1)$$

Обозначим $a = -\alpha^2 \frac{h_t}{h_x^2}$, $b = 1 + 2\alpha^2 \frac{h_t}{h_x^2}$. Перепишем (1) в матричном виде: $A U^{(k+1)} = U^{(k)}$, где $U^{(k)} = (U_1^{(k)}, U_2^{(k)}, \dots, U_N^{(k)})^T$ – сеточная функция, $A \in R^{N \times N}$ – трехдиагональная матрица, элементы главной диагонали которой равны b , а элементы под и над главной диагональю — a .

Поставим следующую задачу: необходимо по заданному начальному распределению температур $U^{(0)}$ вычислить сеточную функцию через T шагов разностной схемы по времени. Это можно сделать, последовательно вычисляя значения U на каждом слое по времени с применением циклической редукции или иного алгоритма решения СЛАУ (1).

В случае, если видеопамять не позволяет разместить значения U на одном слое по времени, на каждом шаге потребуется копировать в видеопамять участки вектора, и пересылать результаты обратно. Будем в дальнейшем этот подход именовать «тривиальным алгоритмом». Однако шина между графическим процессором (GPU) имеет ограниченную пропускную способность, и подобные пересылки приводят к быстрой деградации вычислений.

Метод пирамид

В настоящей работе предлагается следующий подход:

– процесс вычисления значений $U^{(T)}$ будет разделен на несколько этапов, на которых будут вычислены и сохранены в ОЗУ значения $U^{(h)}$, $U^{(2h)}$, $U^{(3h)}$, ..., $U^{(T)}$, причем единовременно необходимо сохранять в ОЗУ значения только на одном (последнем вычисленном) слое по времени. Значения на промежуточных слоях не будут целиком представлены в ОЗУ; величину h будем называть высотой пирамиды.

1. вектор U разбивается на части, каждая из которых представляет собой R -компонентный вектор, причем в видеопамати может быть размещено $R + 2h$ значений сеточной функции;

2. значения этих частей будем сохранять в видеопамати в следующем виде:
де: $Y_r^{(k)} = \underbrace{(0, \dots, 0, U_{rR}^{(k)}, U_{rR+1}^{(k)}, \dots, U_{(r+1)R-1}^{(k)}, 0, \dots, 0)}_{nr \text{ нулей}}$

3. для вычисления $U^{((m+1)h)}$ на основе $U^{(mh)}$ на видеоустройстве обрабатываются блоки Y_r следующим образом: $Y_r^{(k+1)} = A_{rR-hr:(r+1)R+hr, :}^{-1} Y_r^{(k)}$, оператор применяется последовательно h раз, полученные в результате вектора пересылаются в ОЗУ и суммируются с накопленным ранее результатом $U^{((m+1)h)}$ с учетом сдвига векторов на $rR - hr$ позиций.



4. Алгоритм для вычисления $U(K)$ выглядит следующим образом:
5. исходная сеточная функция $U(0)$ размещается в ОЗУ;
6. $U(k)$ разбивается на блоки, шаги 3-5 выполняются для каждого блока;
7. значения $U_{r:(r+1)R-1}(k)$ пересылаются в видеопамять и дополняются нулями, таким образом получается $Y_r(k)$;
8. к $Y_r(k)$ векторам применяется оператор A^{-1} h раз, в результате получаем $Y(k+h)$;
9. значения $Y_r(k+h)$ пересылаются в ОЗУ;
10. значения $U(k+h)$ получаются путем суммирования $Y_r(k+h)$;
11. шаги 2-6 повторяются T/h раз, пока не будут получены значения $U(T)$.
12. Как видно, пересылки м/у ОЗУ и GPU требуются только на каждом h -том шаге по времени, при этом требуется пересылка несколько большего объема данных, чем при использовании тривиального подхода, а также увеличивается общий объем вычислений.

На рисунке 1 представлена схема алгоритма (шаги 2-6). Цифрами на рисунке обозначены шаги алгоритма.

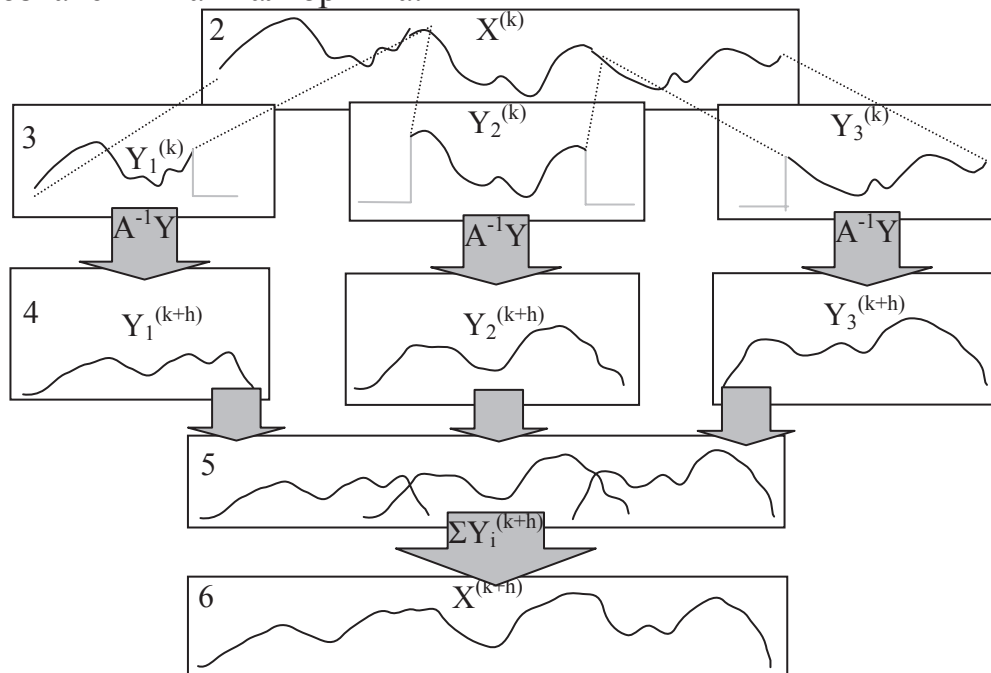


Рис. 1. Общая схема работы алгоритма

Утверждается, что при некоторых ограничениях на значения a и b выбирая h и r можно достичь сколь угодно малой погрешности вычислений.

Оценка производительности

Для вычисления T слоёв по времени потребуется сделать T/h проходов методом пирамид. На каждом проходе будут обработаны все $l/(M-2r)$ блоков, где M — число значений, которое можно разместить в видеопамяти. При обработке каждого блока $M-2r$ значений необходимо переслать в видеопамять и M значений — обратно.



Таким образом, для решения поставленной задачи требуется решение $\frac{TI}{M-2r}$ трехдиагональных СЛАУ размерности M . Длительность решения одного

СЛАУ на GPU можно оценить как $2 \left(2 \frac{M}{\mu} + \log_2 \frac{M}{\mu} \right) \tau_{CR}$, где μ - число ядер на GPU, τ_{CR} - средняя длительность одной редукции на одном ядре.

Если для решения СЛАУ на каждом временном слое каждого блока применять циклическую редукцию, то общая длительность вычислений составит

$2 \frac{TI}{M-2r} \left(2 \frac{M}{\mu} + \log_2 \frac{M}{\mu} \right) \tau_{CR}$. Также потребуется осуществить пересылку

$2(M-r) \frac{TI}{M-2r}$ значений сеточной функции. Таким образом, общая длительность работы программы может быть оценена как

$\tau = 2 \frac{TI}{M-2r} \left(2 \frac{M}{\mu} + \log_2 \frac{M}{\mu} \right) \tau_{CR} + 2(M-r) \frac{TI}{M-2r} \tau_T$, где τ_T - среднее время пересылки одного значения сеточной функции. Если рассматривать τ как функцию от высоты пирамид при условии ограниченности погрешности вычислений некоторой наперед заданной величиной, то варьируя высоту можно обеспечить минимальную длительность выполнения при обеспечении допустимой погрешности.

Литература

1. Евстигнеев Н.М. Интегрирование уравнения Пуассона с использованием графического процессора технологии CUDA // Вычислительные методы и программирование, 2009. – Т. 10, № 2. – с. 82 – 88
2. Adams S., Payne J., Boppana R. Finite difference time domain (FDTD simulations using graphics processors) // Proceedings DoD High Performance Computing Modernization Program Users Group Conference, 2007. – pp. 334 – 338
3. Pavelyev V.S., Karpeev S.V., Dyachenko P.N., Miklyaev Y.V. Fabrication of three-dimensional photonics crystals by interference lithography with low light absorption // Journal of Modern Optics, 2009. – Vol. 56, № 9. – pp. 1133 – 1136
4. Головашкин Д.Л., Кочуров А.В. Решение сеточных уравнений на графических вычислительных устройствах. Метод пирами // Вычислительные технологии, 2012. – Т. 17, №3. – с. 55 – 69
5. Самарский А.А. Теория разностных схем. – М.: Наука, 1977. – 656 с.



В.В. Мокшин, Л.М. Шарнин

ПОИСК ИНФОРМАЦИИ В ВИДЕОПОТОКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

(ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ»)

В современном мире накапливается большое количество видеoinформации. В настоящее время используется большое количество камер видеонаблюдения для различных целей. Одно из активно развивающихся направлений являются навигационные системы для автомобильной техники. Благодаря этим системам можно следить за маршрутом движения транспортных средств. Это касается тех же самых камер фиксации скоростного режима на дорогах. Имея большое количество камер фиксации и идентификации автомобиля, возникают вопросы об обнаружении местоположения и передвижения авто из распределенной видеoinформации с камер фиксации скоростного режима автомобилей, покрывающих город или регион. Также актуальным является анализ распределенной видеoinформации для метрополитена, для логистических служб и т.д.

В связи с этим, актуальным является разработка информационно-навигационной системы, которая могла бы позволить анализировать распределенную видеoinформацию и формировать пути движения транспортных средств в условиях зашумленности поступающей информации.

В работе проводится разработка научно-обоснованных методов обнаружения объектов на изображениях видеопоследовательности, математического описания, методики проектирования, экспериментального исследования и применения в системах сопровождения движущихся объектов с улучшенными метрологическими и эксплуатационными характеристиками, функционирующих в реальном масштабе времени с использованием средств высокопроизводительных вычислений.

В рамках данной работы получены следующие результаты:

- Разработан метод формирования нелинейной регрессионной модели для исследования многопараметрических систем, отличающийся модификацией полинома Колмогорова-Габора с возможностью использования элементарных функций от входных признаков и результатов многофакторного анализа.
- Разработан численный метод отбора значимых признаков на основе предложенного параллельного генетического алгоритма, формирующего конечное множество эволюционных путей для отбора признаков.
- Разработан метод формирования структуры регрессионных зависимостей, отличающегося алгоритмом построения характеристических матриц структуры на основе параллельной обработки групп признаков.
- Разработан алгоритм определения оптимальных значений результативных показателей на основе полученной нелинейной регрессионной модели.



уменьшением k - мерного пространства целей до двумерного с использованием нечеткой логики и генетического моделирования.

- Разработан комплекс методик и программ, реализующий предложенные методы и алгоритмы.
- Разработан алгоритм обработки данных с использованием расширенного фильтра Калмана при рассмотрении вопроса комплексирования инерциальной навигационной системы (ИНС) с системой глобального местопределения для повышения точности позиционирования подвижного аппарата в пространстве.

Практическая ценность полученных научных результатов состоит в том, что разработана методика моделирования многопараметрической системы. Разработанные алгоритмы позволяют тестировать разработанный метод на требуемое количество параллельных эволюционных путей, определять оптимальные параметры генетических алгоритмов отбора значимых признаков. Расширяется возможность определения оптимальных значений результативных показателей нелинейной регрессионной модели многопараметрической системы. Модели, алгоритмы и комплекс программ является инструментальным средством для моделирования многопараметрических систем и исследования свойств нелинейных регрессионных моделей с использованием генетического моделирования, нечеткой логики и параллельных вычислений.

Одной из проблем в системах обнаружения, идентификации и управления подвижных объектов является достижение заданной точности обработки меняющихся изображений (видеоизображений) в реальном масштабе времени. Для решения данной проблемы можно использовать нейросетевые методы с применением вейвлет-преобразования. При этом перспективными являются процедуры параллельной обработки изображений и использование генетических алгоритмов для обучения нейросетевой системы. Таким образом, актуальными являются задачи поиска оптимальных аппаратно-программных вычислительных структур для параллельной обработки изображений на основе вейвлетов, нейронных сетей и генетических алгоритмов.

Для решения задачи обработки распределенной видеоинформации с использованием параллельных и распределенных вычислений является применение GRID-технологий. GRID-среда S образована множеством узлов $gs_i : S = \{gs_1, gs_2, \dots, gs_f\}$, где $gs_1, gs_2, \dots, gs_f$ — ресурсы, f — число ресурсов в GRID-среде S . Каждый ресурс gs_i является совокупностью вычислительных узлов, управляемых локальным планировщиком распределения обработки и менеджером управления ресурсами.

Обработка видеофайла представляет собой совокупность распределенно выполняемых *заданий* (tasks) по обработке видеоинформации, объединенных в один *план* (job). Задание z_i является неделимым блоком операций, выполняемых на одном вычислительном узле. План J — это множество заданий, которые должны быть выполнены для получения результата обработки: $J = \{z_1, z_2, \dots, z_N\}$.



Выполнение плана в GRID-среде означает, что любой узел gs_i при обработке плана J может использовать ресурсы любого $gs_k \in S, k = 1, \dots, N$.

Таким образом, план отождествляет один видеофайл, а для формирования заданий выбран метод, в котором минимальной единицей обработки (одним заданием) является независимо сжатая группа изображений (GOP — Group of Pictures). Этот метод позволяет максимально по сравнению с остальными существующими методами, сократить объем передаваемых данных, увеличением вычислительной нагрузки на конечные узлы. Его использование обусловлено тем, что наиболее узким местом распределенной обработки видеофайлов является время передачи данных ввиду их большого объема.

Выбор правильных признаков играет критическую роль в слежении. Вообще, самая желательная собственность визуального признака - своя уникальность так, чтобы объекты могли быть легко отличенными в пространстве признаков. Согласно уровню признаки можно разделить на признаки низкого уровня (цвет, градиент), среднего уровня (край, угол, область) и высокого уровня (объект). Вообще, много алгоритмов слежения используют комбинацию этих признаков. Среди самых распространенных визуальных признаков можно встречаются: цвет, контуры, оптический поток и текстура. Для отбора значимых признаков объекта используются GRID-технологии. Проводится сравнение с другими методами отбора значимых признаков.

Число локальных узлов в сайте представляется как

$$GN = \sum_{i=1}^{N_{gp}} \sum_{j=1}^{N_i} G_{ij} \quad (1)$$

где N_{gp} — число групп узлов; N_i — количество узлов в i -й группе.

Для вновь добавленных в систему внешних узлов, первое обработанное задание присылается из расчета $GP = 1$ и становится тестовым. В дальнейшем производительность определяется исходя из полученного значения времени работы тестового узла.

Из предложенного принципа определения производительности узлов следует, что время обработки определяется как

$$T_{\text{выч.}} = TN_n * GP_{\text{тест.}} * t_{\text{тест.}} + TN * t_{zo} \quad (2)$$

где $GP_{\text{тест.}}$ — производительность тестового узла локального вычислительного сайта; $t_{\text{тест.}}$ — время обработки одного задания тестовым узлом; TN — число заданий в плане; t_{zo} — время задержки при обработке на вычислительном узле; TN_n — число задач, выполняемых группой узлов с производительностью $GP_{\text{тест.}}$, которое вычисляется как

$$TN_n = TN / \sum_{i=1}^N GN_i * \frac{t_{\text{тест. обр.}} + t_{\text{тест. пер.}}}{t_{j \text{ обр.}} + t_{i \text{ пер.}}} \quad (3)$$



где N – число групп узлов; GN_i – число узлов в i -й группе; $t_{мест\ обр.}$ – время обработки одного задания тестовым узлом, а $t_{j\ обр.}$ – время обработки i -м узлом; $t_{мест\ пер.}$ – время передачи одного задания тестовым узлом, а $t_{j\ пер.}$ – время передачи i -м узлом. При этом:

$$t_{обр.} = GP * tt \quad t_{мест\ пер.} = JV * GN / U + TN * t_{зн} \quad (4)$$

где U – скорость канала передачи данных; JV – объем данных видеофайла; GN – число узлов; $t_{зн}$ – время задержки при передаче данных; GP – производительность узла; tt – время обработки одного задания;

Время передачи данных вычисляется согласно выражению

$$T_{пер.} = 2 * JV * GN / U + TN * t_{зн.} + t_{сдв.} \quad (5)$$

где $t_{сдвига}$ – время сдвига окончания обработки, определяемое числом задержек.

Таким образом, время обработки видеoinформации в GRID-среде описывается математической моделью:

$$t_j = TN_n * GP_{тест} * t_{мест} + TN * t_{зо.} + \frac{2 * JV * GN}{U} + TN + t_{зн.} + t_{сдв.} \quad (6)$$

Таким образом, один видеофайл может быть разбит на различное число заданий. Поэтому план содержит JK кадров с общим объемом данных JV . Задания представляют собой отрезок TK кадров, содержащих TV объем данных. При этом результат TK / K – целое число, где K – количество кадров в одном GOP. Отсюда

$$TK = JK / TN \quad TV = JV / TN \quad (7)$$

Таким образом, TN определяется как

$$TN = JK / NK * K \quad (8)$$

где NK – число GOP в одном задании.

Предложенный подход к анализу распределенных видеoinформации позволяет по сравнению с SIFT-дескриптором увеличить быстродействие этапа построения дескрипторов в 40 раз и уменьшить их размерность от 128 до 60. В итоге увеличивается быстродействие сопоставления на 25%, а малая размерность пространственного дескриптора позволяет уменьшить объем требуемой памяти для их сохранения и время их передачи. Разрабатываемая система позволяет использовать распределенную видеoinформацию для формирования траектории движения мобильных объектов, а также слежение за ними.

Литература

1. Аун С., Шарнин Л.М. Дескриптор пространственного распределения ключевых точек для сопоставления изображений, КГТУ им. А.Н. Туполева, Июнь 2011 СС.
2. Ермаков А.В. Разработка и анализ метода повышения эффективности обработки видеoinформации с использованием GRID-вычислений / А.В. Ермаков // Вестник Саратовского государственного технического университета, 2010. №51. – с. 184 – 188



3. Мокшин В.В. Параллельный генетический алгоритм отбора значимых факторов, влияющих на эволюцию сложной системы // Вестник КГТУ, 2009. – № 3. – с. 89 – 93
4. Мокшин В.В., Якимов И.М., Юльметьев Р.М., Мокшин А.В. Рекурсивно-регрессионная самоорганизация моделей анализа и контроля сложных систем // Нелинейный мир. М: 2009. – №1. – с. 48 – 63
5. Foster I. The Grid2: Blueprint for a New Computing Infrastructure, Morgan Kaufmann / Foster and C. Kesselman. Morgan Kaufmann, 2003.
6. Polychronopoulos C.D., Kuck D.J. Guided self-scheduling: A practical scheduling scheme for parallel supercomputers Текст. // IEEE Transactions on Computers. 2007. – том 36. – № 12. – с. 1425 – 1439

С.П.Орлов, М.М.Ефремов

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ ПАМЯТИ СОВРЕМЕННЫХ ПРОЦЕССОРОВ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»)

Память современных высокопроизводительных вычислительных систем имеет иерархическую структуру. Особенно, это характерно для современных многоядерных процессоров. Один из важнейших вопросов – организация многоуровневой памяти в компьютере, включая кэш-память и оперативную память. Эффективная работа всей системы зависит от типа используемой кэш-памяти, соотношения объемов памяти на всех уровнях, методов обеспечения достоверности разделяемых данных в памяти процессоров, способов замещения строк данных в памяти и многих других факторов.

В связи с этим актуальна задача создания моделирующих систем, которые имитируют работу многоуровневой памяти и позволяют изучить ее свойства на обычных персональных компьютерах.

Теоретические вопросы организации многоуровневой памяти применительно к традиционным архитектурам компьютеров рассмотрены в научных и учебных изданиях [1,2,3,4], где описаны основные типы кэш-памяти.

В докладе описываются имитационные модели многоуровневой памяти современных процессоров, разработанные на кафедре вычислительной техники Самарского государственного технического университета.

Моделирование типовых структур кэш-памяти

Имитационная модель воспроизводит процесс выполнения команд обращения к памяти (чтения и записи). Для этого в программе реализованы модули генерации случайной последовательности команд, случайный выбор операции, модуль алгоритмов замещения строк. Поддерживается моделирование основных типов кэш-памяти процессоров Intel: кэш с прямым отображением, полностью ассоциативный кэш и множественно-ассоциативный кэш. Основное вни-



мание уделено визуализации процессов взаимодействия устройств подсистемы. На рис. 1 представлен вид основного окна имитационной модели.

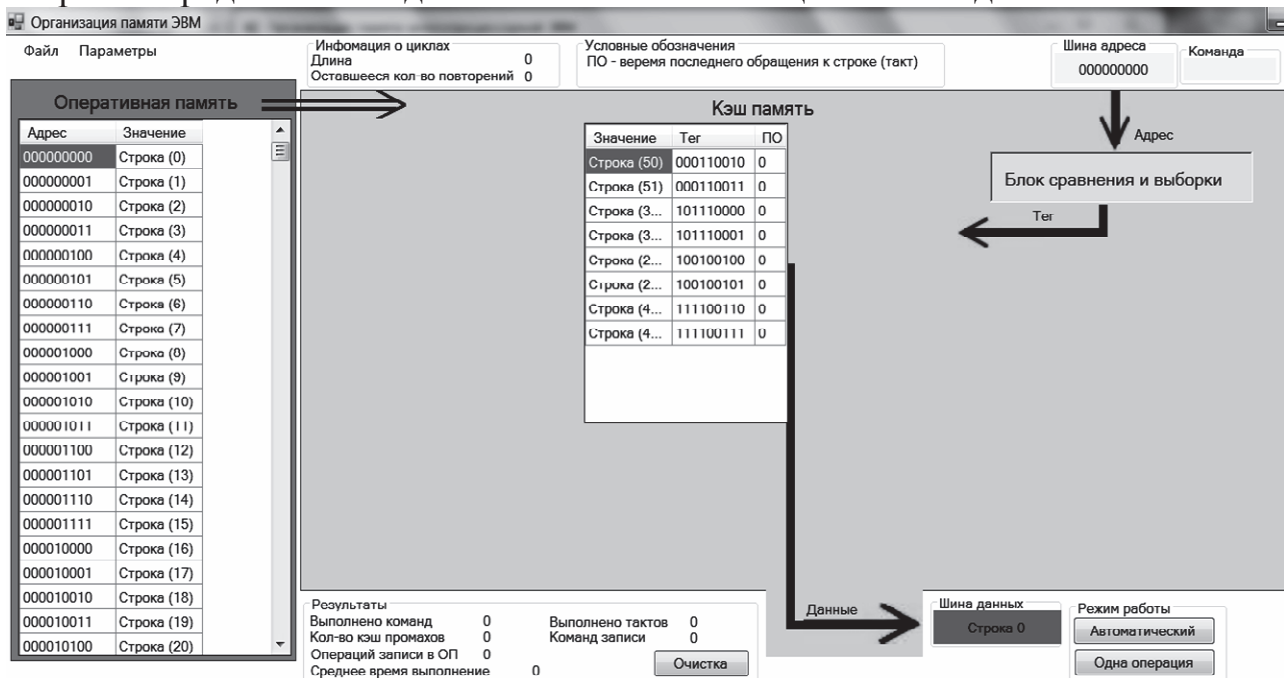


Рис. 1. Интерфейс имитационной модели кэш-памяти

Исходными данными для моделирования являются:

- 1) количество команд обращения к памяти;
- 2) доля команд чтения в последовательности;
- 3) доля команд записи в общей смеси;
- 4) объем оперативной памяти;
- 5) объем кэш-памяти;
- 6) способ организации кэш-памяти: полностью ассоциативная; множественно-ассоциативная; с прямым отображением;
- 7) для множественно-ассоциативной памяти задается количество подмножеств в кэше;
- 8) метод обеспечения когерентности памяти;
- 9) метод замещения строк в кэш-памяти;
- 10) времена чтения и записи в кэш-память;
- 11) времена чтения и записи в оперативную память.

Объем памяти измеряется в строках, время измеряется в машинных тактах. Результаты моделирования содержат: количество выполненных команд; количество выполненных тактов; среднее время выполнения команды; количество промахов при обращении к кэш-памяти.

Окно на рис. 2 позволяет выбрать вид кэш-памяти: полностью ассоциативная, множественно-ассоциативная или с прямым отображением.

При выборе множественно-ассоциативной памяти можно задать количество подмножеств в кэше. Для множественно-ассоциативной памяти или с прямым отображением в модели кэша поле тега дополняется полем индекса. На этой вкладке можно также выбрать метод замещения строк в кэш-памяти: LRU, FIFO, LFU или произвольный. В модели имитируется выполнение циклических



участков программ и анализируется количество кэш-промахов для этих случаев.

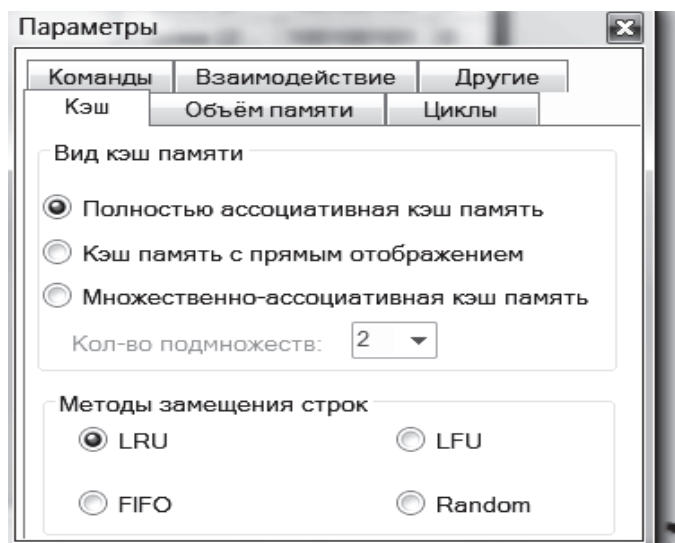


Рис. 2. Задание режимов и параметров имитационной модели кэш-памяти

Возможность автоматического и потактового выполнения операций в модели позволяет изучить процесс в подробностях и обратить внимание на взаимодействие между устройствами памяти.

Моделирование типовых структур памяти многопроцессорных систем

Программа имитационного моделирования позволяет исследовать архитектуру многопроцессорной вычислительной системы типа UMA SMP с шинной организацией, содержащую основную (оперативную), локальную память и кэш-память. В модели представлены шины адреса микропроцессоров и системная шина. Имитационная модель отображает выполнение обращения к памяти. Исходными данными для моделирования являются:

- 1) количество процессоров в системе;
- 2) количество команд обращения к памяти;
- 3) доля команд обращения к памяти в общей смеси;
- 4) доля команд чтения в последовательности;
- 5) доля команд записи в общей смеси;
- 6) конфигурация многопроцессорного вычислительного комплекса;
- 7) объем оперативной памяти;
- 8) объем кэш-памяти;
- 9) объем локальной памяти;
- 10) времена чтения и записи в оперативную память;
- 11) времена чтения и записи в кэш;
- 12) времена чтения и записи в локальную память.

Для конфигурации с локальными устройствами памяти задаются вероятности обращения к ним и основной памяти.

Результаты моделирования содержат: количество выполненных команд; количество выполненных тактов; среднее число тактов на команду; среднюю загрузку системной шины; количество тактов простоя каждого процессора в



ожидании завершения операций с памятью или освобождения системной шины; количество кэш-промахов каждого процессора.

Моделирование протокола MESI наблюдения кэш-памяти

Для обеспечения когерентности памяти в многоядерных и мультипроцессорных системах используются аппаратные механизмы, позволяющие решить эту проблему. Такие механизмы называются протоколами когерентности кэш-памяти [1]. Для исследования протокола MESI используется моделирующая программа, которая реализует сеть Петри. Программа предназначена для составления сетей Петри и моделирования выполнения операций с памятью. Она позволяет нарисовать сеть Петри любой сложности и с помощью методов имитационного моделирования изучить выполнение сети в интерактивном режиме. Сеть, соответствующая протоколу MESI, должна обладать свойством безопасности, т.е. в каждый момент времени в любой позиции не должно быть более одной фишки [5]. Это свидетельствует об отсутствии конфликтов и очередей.

Сеть задается матрицами инцидентности позиций. Исследователь определяет режимы записи или чтения и устанавливает законы появления фишек в позициях M, E, S, I, которые реализуются с помощью встроенного генератора случайных чисел. Выполнение имитационного моделирования происходит либо по тактам, что весьма наглядно, либо в автоматическом режиме с настраиваемой частотой повторения. Программа формирует отчет о срабатывании переходов, безопасности сети, наличии очередей и конфликтов.

Разработанная моделирующая программа может быть использована для изучения и других протоколов наблюдения: MOESI, Synapse, Berkeley, Illinois и т.п. [1].

Литература

1. Орлов С.А. Организация ЭВМ и систем: учебник для вузов/ Б.Я. Цилькер, С.А. Орлов. – СПб.: Питер, 2004. – 586 с.
2. Хорошевский В.Г. Архитектура вычислительных систем: учеб. пособие для вузов. – М: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2005. – 512 с.
3. Поворознюк А.И. Архитектура компьютеров. Архитектура микропроцессорного ядра и системных устройств: учеб. пособие. – Ч.1. – Харьков, Торнадо, 2004. – 355 с.
4. Орлов С.П., Ефимушкина Н.В. Организация компьютерных систем: учеб. пособие для вузов. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2011. – 188 с.
5. Orlov S.P. Application of Petri net model for computational process synchronization// Advances in Modeling & Analysis. Vol. 14, № 3. – AMSE PRESS, 1993. – pp. 1 – 6



КРИТЕРИИ КЛАССОВ ОБСЛУЖИВАНИЯ QOS НА ОСНОВЕ ИЗМЕРЕНИЙ ДОСТУПНОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

В последние годы наблюдается повышенный интерес к технологиям измерения доступной пропускной способности (available bandwidth). В большинстве случаев речь идёт именно об определении доступной пропускной способности не на отдельных участках канала, а на сквозном маршруте следования пакетов (end-to-end available bandwidth). В данной работе под доступной пропускной способностью понимается максимальная пропускная способность, которую канал может обеспечить приложению, исходя из загруженности канала трафиком. Измерение данной величины необходимо не только для того, чтобы знать состояние сети, но также предоставлять информацию сетевым приложениям с целью управления исходящим трафиком для разделения полосы пропускания сети между ними. Нельзя не отметить роль доступной пропускной способности в алгоритмах маршрутизации при построении маршрута следования пакетов, а также эта характеристика является одной из ключевых, когда речь идёт о качестве обслуживания (Quality of Service - QoS).

Под QoS подразумевается совокупность технологий, позволяющих приложениям запрашивать и получать предсказуемые уровни обслуживания в том, что касается пропускной способности, изменения латентности (джиттер) и задержки. Группа Internet Engineering Task Force (IETF) определяет две следующие архитектуры QoS [1]: комплексные услуги (IntServ); дифференцированные услуги (DiffServ).

Модель комплексного обслуживания обеспечивает сквозное качество обслуживания, гарантируя необходимую пропускную способность. Для этого используется протокол резервирования сетевых ресурсов RSVP, который обеспечивает выполнение требований ко всем промежуточным узлам. Если каждое сетевое устройство на маршруте способно поддерживать необходимую пропускную способность, исходящее приложение сможет начать передачу. В отношении модели IntServ часто используется термин «резервирование ресурсов» (Resource reservation).

В этой работе нас больше интересует модель дифференцированного обслуживания, которая обеспечивает качество обслуживания на основе распределения ресурсов в ядре сети и определенных классификаторов и ограничений на границе сети, комбинируемых с целью предоставления требуемых услуг. Вместо сигнализации требований QoS приложения DiffServ используют DiffServ Code Point (DSCP) в IP-заголовке для указания требуемых уровней QoS. Здесь вводится разделение трафика по классам, для каждого из которых определяется свой уровень QoS. Дифференцированное обслуживание заключается в управле-



нии формированием трафика (классификация пакетов, маркировка, управление интенсивностью) и управления политикой (распределение ресурсов, политика отбрасывания пакетов).

Целью данной работы является установление соответствия между доступной пропускной способностью и классами обслуживания, которое позволило бы определять величину доступной пропускной способности в зависимости от выбранного класса обслуживания. Для этого будем использовать метод измерения доступной пропускной способности, который базируется на технологии тестирования сети пакетами различного размера. Эта технология известна под названием Переменный Размер Пакета (Variable Packet Size, VPS) и впервые применялась в работе [2] для оценки полной пропускной способности. Технология VPS позволяет оценить полную пропускную способность до i -го узла на основе данных о двусторонней задержке пакета (Round-Trip Time, RTT) до i -го узла и размере тестового пакета W .

Для составных каналов с несколькими маршрутизаторами, задержка пакета D есть сумма фиксированной задержки D_{fixed} и переменной части задержки d_{var} :

$$D = D_{fixed} + d_{var} \quad (1)$$

Фиксированная часть задержки определяется физическими эффектами, в первую очередь, конечной скоростью света. Переменная часть задержки представляет собой время обработки пакета в описываемой сети.

Доступная пропускная способность для составного канала может быть определена как отношение размера пакета W к переменной части задержки d_{var} :

$$B_{av} = \frac{W}{D - D_{fixed}} \quad (2)$$

Для оценки доступной пропускной способности между двумя точками сети при отсутствии маршрутизирующих устройств можно использовать следующее выражение, описывающее соотношение между временем обработки пакета в сети и размером пакета:

$$B_{av} = \frac{W}{D} \quad (3)$$

Уравнение (3) представляет собой предельный случай уравнения (2), когда длина канала очень мала ($D_{fixed} \rightarrow 0$).

Для устранения влияния на расчеты D_{fixed} из уравнения (2) было предложено тестировать сеть пакетами разного размера, так чтобы размер пакета различался на максимально возможную величину [3]. В качестве размера второго пакета следует использовать размер, близкий к максимальному размеру блока передачи (MTU, Maximum Transfer Unit) для данного коммуникационного интерфейса. Тогда уравнение (2) может быть преобразовано к следующему виду:

$$B_{av} = \frac{W_2 - W_1}{D_2 - D_1} \quad (4)$$



где D_1, D_2 – задержки первого и второго пакетов соответственно, [с];
 W_1, W_2 – размеры первого и второго пакетов соответственно, [бит].

Предложенный метод позволяет исключить из расчетов фиксированную часть задержки D_{fixed} [4].

Для проведения эксперимента был выбран сетевой симулятор NS-2. Симулятор ns2 среди аналогичных продуктов является наиболее приспособленным средством для проведения научных исследований в области компьютерных сетей. С его помощью можно описать топологию сети, конфигурацию источников и приемников трафика, параметры соединений (полосу пропускания, задержку, вероятность потерь пакетов, и множество других параметров моделируемой системы. При моделировании имеется возможность управления параметрами буферов, мониторинг принятых, отправленных и потерянных пакетов, сбор статистики и т.д. С помощью генерации выходных trace-файлов может быть получена информация о динамике трафика, состоянии соединений и объектов сети, а также работе протоколов [5].

На текущий момент поставлен предварительный эксперимент, в рамках которого была смоделирована сеть, состоящая из нескольких узлов. Генерация трафика осуществлялась несколькими потоками и в таблице представлено итоговое значение генерируемого объема трафика CBR (constant bit rate) для каждого шага эксперимента. В таблице 1 приведены результаты расчёта значений доступной пропускной способности B_{av} с использованием вышеописанного метода (4). Для повышения точности расчётов получаемой величины усреднялись значения задержек 30 пар пакетов. Сквозное значение максимальной пропускной способности C (capacity) определяется значением максимальной пропускной способности самого узкого участка сети.

В настоящее время работа в процессе и планируется провести моделирование с применением QoS в NS-2 симуляторе, а также проделать реальный эксперимент на оборудовании CISCO. Если подводить итог проделанной работе, можно сделать основной вывод – теоретическая модель вычисления доступной пропускной способности подтверждается в NS-2 симуляторе.

Таблица 1. Предварительные результаты расчёта доступной пропускной способности на основе NS-2 симулирования

CBR (UDP), Мбит/с	C-CBR, Мбит/с	B_{av} , Мбит/с	C, Мбит/с
0,001	3,999	3,81	4
0,5	3,5	2,98	
1	3	2,58	
1,5	2,5	2,37	
2	2	1,88	
2,5	1,5	1,74	

Литература

1. Cisco Systems, Вопросы и ответы по QoS / http://www.cisco.com/support/RU/customer/content/10/107694/qos_faqs.html
2. Downey A.B., Using Pathchar to estimate internet link characteristics, in Proc. ACM SIGCOMM, Sept. 1999. – pp. 222 – 223



3. Платонов А.П., Сидельников Д.И., Стрижов М.В., Сухов А.М. Измерительная инфраструктура для изучения качества соединений в Российском сегменте Интернет // Телекоммуникации, 2009. – № 1. – с. 11 – 16
4. Sultanov T.G., Sukhov A.M. Simulation technique for available bandwidth estimation // In Proc. IEEE European Modeling Symposium 2010, November 2010. – pp. 490 – 495
5. Keshav S. 'REAL: A network simulator. – UCB CS Tech Report 88/472, December 1988

Л.В. Яблокова¹, Д.Л. Головашкин²

НАЛОЖЕНИЕ ПОГЛОЩАЮЩЕГО СЛОЯ ПРИ СОГЛАСОВАННОМ РАЗНОСТНОМ РЕШЕНИИ УРАВНЕНИЙ ДАЛАМБЕРА И МАКСВЕЛЛА

(¹ ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»,
² ФГБУН «Институт систем обработки изображений РАН»)

Введение

Рассмотрение задачи дифракции на оптическом элементе уместно связывать с решением волнового уравнения в области непосредственного нахождения этого элемента, а организацию поглощения у границ вычислительной области (вне элемента) с решением уравнений Максвелла, моделирующим PML-слой. При этом сокращаются требования к системным ресурсам ЭВМ по сравнению с FDTD-методом (в двумерном случае) и используется современная методика наложения PML-слоя [1] вместо устаревшего подхода Мура [2], традиционно сопровождающего решение волнового уравнения.

Наложение поглощающего слоя при совместном решении

В поглощающем слое уравнения Максвелла имеют вид:

$$\mu_0 \frac{\partial H_y}{\partial t} + \sigma^* H_y = -\frac{\partial E_x}{\partial z}, \quad \varepsilon_0 \frac{\partial E_x}{\partial t} + \sigma E_x = -\frac{\partial H_y}{\partial z}, \quad (1)$$

где второе слагаемое в левой части определяет поверхностную плотность электрического и магнитного (воображаемого) токов. Следующее соотношение электрической и магнитной проводимостей $\sigma/\varepsilon_0 = \sigma^*/\mu_0$ и плавное возрастание значения σ от начала слоя к концу (при правильно подобранных параметрах) обеспечивает поглощение излучения без отражения.

Простейшая разностная аппроксимация уравнений Максвелла в поглощающем слое записывается как:

$$\mu_0 \frac{H_{y_{k+0,5}}^{m+0,5} - H_{y_{k+0,5}}^{m-0,5}}{h_t} + \sigma_{k+0,5}^* H_{y_{k+0,5}}^{m-0,5} = -\frac{E_{x_{k+1}}^m - E_{x_k}^m}{h_z},$$



$$\varepsilon_0 \frac{E_{x_k}^{m+1} - E_{x_k}^m}{h_t} + \sigma_k E_{x_k}^m = - \frac{H_{y_{k+0,5}}^{m+0,5} - H_{y_{k-0,5}}^{m+0,5}}{h_z},$$

где сеточная проекция электрического поля на ось x – $E_{x_k}^n$ определена в узлах $\{(t_n, z_k): t_n = nh_t, n = 0, 1, \dots, N = \frac{T}{h_t}, z_k = L^W + kh_z, k = 0, 1, \dots, K = \frac{L^M}{h_z}\}$, а сеточная проекция магнитного поля на ось y – $H_{y_{k+0,5}}^{n+0,5}$ в узлах $\{(t_{n+0,5}, z_{k+0,5}): t_{n+0,5} = (n + 0,5)h_t, n = 0, 1, \dots, N - 1, z_{k+0,5} = L^W + (k + 0,5)h_z, k = 0, 1, \dots, K - 1\}$ сеточной области D_h^M , наложенной (Рисунок1) на область вычислительного эксперимента D^M ($0 < t \leq T, L^W \leq z \leq L^W + L^M$), для простоты заданной в свободном пространстве.

Аналогично для одномерного волнового уравнения

$$\frac{\partial^2 E_x}{\partial t^2} - c^2 \frac{\partial^2 E_x}{\partial x^2} = 0 \quad (2)$$

запишем разностную схему [3]

$$\frac{E_{x_m}^{n+1} - 2E_{x_m}^n + E_{x_m}^{n-1}}{h_t^2} = c^2 \frac{E_{x_{m+1}}^n - 2E_{x_m}^n + E_{x_{m-1}}^n}{h_z^2},$$

где функция $E_{x_m}^n$ определена в узлах $\{(t_n, z_m): t_n = nh_t, n = 0, 1, \dots, N = \frac{T}{h_t}, z_k = mh_z, m = 0, 1, \dots, M = \frac{L^W}{h_z}\}$, сеточной области D_h^W , наложенной (Рисунок1) на D^W ($0 < t \leq T, 0 \leq z \leq L^W$).

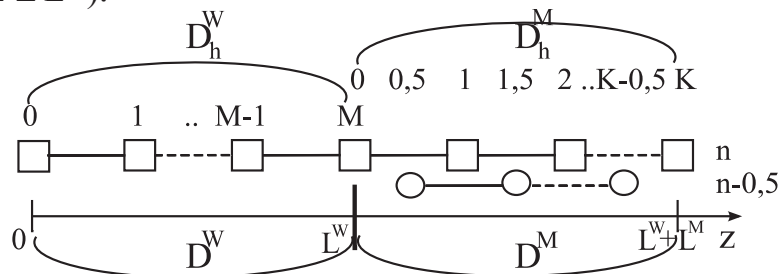


Рис. 1. Объединение сеточных областей. Квадратами изображены узлы для проекции электрического поля, окружностями - для магнитного.

Задавшись целью совместного отыскания разностного решения уравнений (1) и (2) согласуем вычисления на D^W и D^M , полагая значения $E_{x_M}^n$, определенные на D_h^W при $m = M$ (крайний правый узел) и $E_{x_0}^n$, определенные на D_h^M при $k = 0$ (крайний левый узел) равными (Рисунок1).

$$\frac{E_{x_M}^{n+1} - 2E_{x_M}^n + E_{x_M}^{n-1}}{h_t^2} = c^2 \frac{E_{x_1}^n - 2E_{x_M}^n + E_{x_{M-1}}^n}{h_z^2}$$

На границах объединенной области $D = D^W \cup D^M$ установим электрическую стенку. За начальное условие примем отсутствие поля в момент времени $t = 0$.



При постановке вычислительных экспериментов расположим поглощающий слой длины λ у правого края D . Тогда σ задается на отрезке $[L^W + L^M - \lambda, L^W + L^M]$ по формуле: $\sigma = \sigma_{\max} \left(\frac{z + \lambda - L^W - L^M}{\lambda} \right)^q$, где $\sigma_{\max}$ и q зависят от дискретизации сеточной области согласно таблице 4 из [4].

Эксперименты проводились при различных значениях дискретизации сеточной области Q, Qt и QT , где первый параметр характеризовал число узлов сеточной области по пространству (приходящееся на одну длину волны); второй – количество узлов по времени (приходящееся на временной интервал, за который плоский волновой фронт в вакууме пройдет расстояние в одну длину волны); третий – «длительность» запускаемого цуга в длинах волн. При этом они менялись от (10,20,5) – минимальных значений, удовлетворительно описывающих распространение плоской однородной волны в свободном пространстве, до (100,200,15) – соответствующих весьма низким величинам погрешности. Протяженность области D составляла 12λ , что позволяло не учитывать влияние отраженной от левой границы волны на области регистрации.

Верифицируя предположение о возможности совместного решения волнового уравнения и системы уравнений Максвелла с поглощающим слоем, сначала (для получения эталонного решения) рассмотрим случай $D = D^M$ (первая серия экспериментов, Рисунок 2а); $L^W = 0$, $L^M = 12\lambda$. Для исследования отраженной волны зададим «прозрачный» источник [5] (в точке $z = 9,5\lambda$) и будем регистрировать в подобласти $[10\lambda, 11\lambda]$ величину $\delta = \max_k |A_k^{\text{refl}}|$, (A^{refl} – комплексная амплитуда отраженной волны) являющуюся абсолютной погрешностью вычислительного эксперимента (отраженной от PML слоя волны в идеальном случае быть не должно).

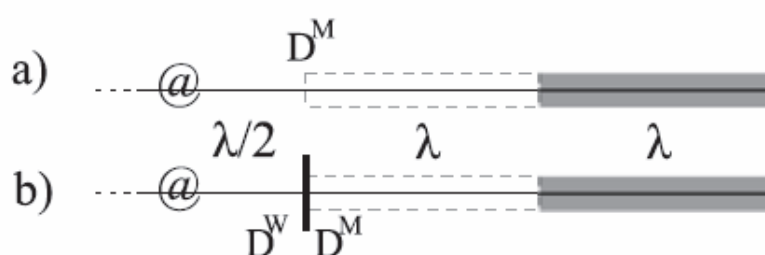


Рис. 2. Вычислительные области первой (а) и второй (б) серий экспериментов. Символом «@» обозначен «прозрачный» источник, в обведенной пунктиром области регистрируется погрешность, в закрашенной расположен поглощающий слой

Таблица 1. Погрешности $\delta \cdot 100$ первой серии вычислительных экспериментов

Q, Qt	QT		
	5	10	15
10,20	0,3546	0,1032	0,1463
20,40	0,1713	0,1238	0,1261
50,100	0,1127	0,1068	0,1068



100,200	0,0129	0,0115	0,0115

Отметим удовлетворительное функционирование поглощающего слоя; даже на самой грубой сеточной области ($Q = 10, Q_t = 20$) при работе с не вполне монохроматической волной ($QT = 5$) модуль комплексной амплитуды отраженного поля составил треть процента от модуля амплитуды (теоретического) падающей волны (таблица 1). На более густых областях увеличение длины цуга не приводит к повышению точности в силу преобладания величины погрешности δ , связанной с наложением PML слоя, над ε , определяющейся заменой производных разностными отношениями.

При отыскании совместного разностного решения (1) и (2) (вторая серия экспериментов) примем $L^W = 10\lambda, L^M = 2\lambda$, расположенный в том же месте вычислительной области “прозрачный” источник теперь находится в D^W (Рисунок 2б).

Сравнивая результаты вычислительных экспериментов (таблица 2) с данными первой серии (таблица 1) отметим их совпадение в диапазоне $Q = 50, Q_t = 100, QT = 10 - Q = 100, Q_t = 200, QT = 15$ и незначительность отличий при остальных параметрах, что свидетельствует о возможности совместного разностного решения уравнений Даламбера и Максвелла в случае, когда последние используются для моделирования поглощающего слоя.

Таблица 2. Погрешности $\delta \cdot 100$ второй серии вычислительных экспериментов

Q, Q_t	QT		
	5	10	15
10,20	0,1287	0,1312	0,1483
20,40	0,1645	0,1232	0,1322
50,100	0,1136	0,1068	0,1068
100,200	0,0127	0,0115	0,0115

Благодарности

Исследования выполнены при поддержке гранта Президента РФ МД-6809.2012.9.

Заключение

В настоящей работе представлена технология наложения поглощающих слоев при совместном разностном решении уравнений Даламбера и Максвелла и продемонстрирована состоятельность предложенного подхода.



Литература

1. Berenger Jean-Pierre A perfectly matched layer for the absorption of electromagnetic waves // Journal of computational physics, 1994.- № 114.- pp.185 – 200
2. Mur G. Absorbing boundary conditions for the finite-difference approximation of the time-domain electromagnetic field equations // IEEE Trans. Electromagnetic Compability, 1981. – vol. 23. – pp. 377 – 382
3. Taflove A., Hagness S. Computational Electrodynamics: The Finite-Difference Time-Domain Method: 2nd. ed. // Boston: Artech House Publishers, 2000. – 852 p.
4. Головашкин Д.Л., Казанский Н.Л. Методика формирования падающей волны при разностном решении уравнений Максвелла (двумерный случай) // Автометрия, 2007. – Том 43, № 6. – с. 78 – 88
5. Головашкин Д.Л., Казанский Н.Л. Декомпозиция сеточной области при разностном решении уравнений Максвелла // Математическое моделирование, 2007. – Том 19, № 2. – с. 48 – 58
6. Prather D.W., Shi S. Formulation and application of the finite-difference time-domain method for the analysis of axially symmetric diffractive optical elements // J. Opt. Soc. Am. A., 1999. – vol. 16, № 5. – pp. 1131 – 1142
7. Головашкин Д.Л., Казанский Н.Л. Методика формирования падающей волны при разностном решении уравнений Максвелла // Автометрия, 2006. – Том 42, № 6. – с. 78 – 85



МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

И.А.Андреев

МОНИТОРИНГ И МОДЕЛИРОВАНИЕ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

(ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»)

Корпоративные информационные системы (КИС) широко используются во всех отраслях народного хозяйства. Они являются сложными и дорогостоящими и повышение эффективности их функционирования может принести ощутимый экономический эффект.

В то же время возможности моделирования подобных систем во многом ограничены отсутствием эффективных средств мониторинга и моделирования. Поэтому работу по мониторингу и моделированию корпоративных информационных систем следует отнести к весьма актуальным. Разработанные методы могут найти широкое применение для исследования информационных сетей различных предприятий.

В рамках данной темы решается ряд вопросов и проблем, связанных с мониторингом (сбором статистических данных) и моделированием корпоративных сетей. Результатом выполнения является методика проведения комплекса мероприятий по мониторингу и моделированию компьютерных сетей и программный комплекс, построенный на основе этой методики. Раскрываются следующие вопросы:

1. Мониторинг корпоративных сетей (сбор статистических данных для дальнейшей обработки и анализа).
2. Обработка статистических данных и построение модели локальной сети.
3. Визуализация модели, предоставление возможностей по ее настройке и изменению.
4. Планирование имитационных экспериментов.
5. Моделирование.
6. Графическое представление результатов
7. Формирование рекомендаций по оптимизации сети на основе результатов, полученных в процессе моделирования.

Функционирование КИС представляет собой сложную систему. Сложность определяется совокупностью значительного числа объектов, функционирующих вместе и взаимодействующих между собой.

На рис.1. представлены результаты первичной формализации модели процессов в КИС.

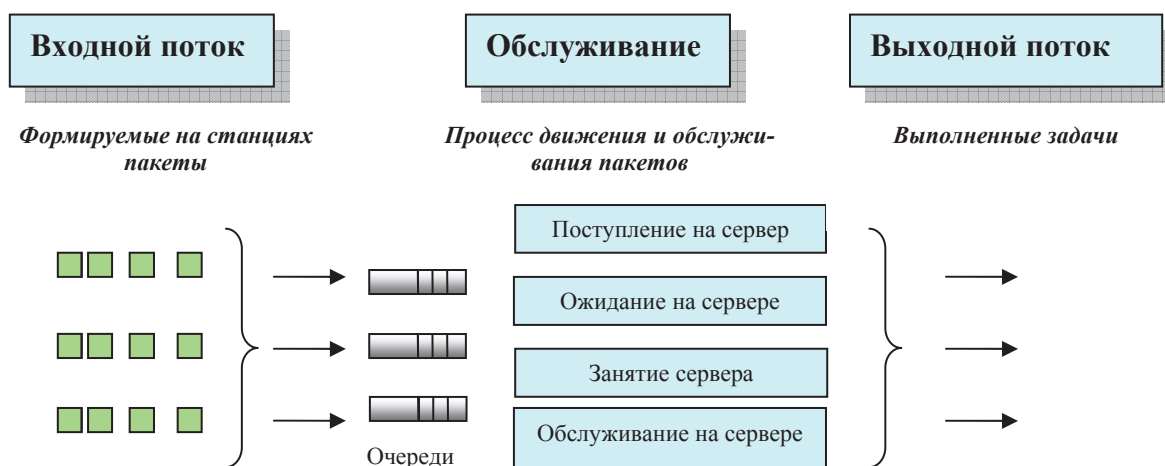


Рис. 1. Формализованная схема работы вычислительной системы

Для таких сложных систем, как КИС, затруднено организовать оптимальное управление, не имея адекватной математической модели. Для построения достоверной модели, которая будет достаточно достоверно соответствовать реальной корпоративной информационной системе, как по структуре, так и по всем процессам, происходящим в ней, необходимо определить ряд данных.

- Во-первых, это общая структура сети, ее строение, взаимосвязи между элементами.
- Во-вторых, это процессы, которые происходят в системе – необходимо описать частоту и время их возникновения, время проведения, законы распределения нагрузки и множество других важных параметров.

Естественно чем лучше и подробнее, ближе к реальности мы получим эти данные, чем лучше сможем их обработать и интерпретировать – тем более точная и реалистичная получится модель. В результате важным аспектом становится сбор данных – мониторинг корпоративной информационной системы. Мониторинг в данном случае – это сбор данных обо всех пакетах, которые появляются в данной системе. Проведен системный анализ со сравнением по ключевым критериям программного обеспечения разных производителей. Выделены ключевые критерии мониторинга и проведен сравнительный анализ по этим критериям. На основе этого анализа был выбран наиболее подходящий для решения данной проблемы программный комплекс WireShark. После сбора достаточного объема данных проводится обработка – группировка, системный анализ, статистические исследования, в результате которых мы получаем описание всех процессов, происходящих в сети.

Проводится аппроксимация зарегистрированных данных стандартными статистическими законами. Из возможных способов – аппроксимации при помощи специально разработанного программного обеспечения и при помощи ППП «STATISTICA» – выбран собственный компонент, который позволяет проводить обработку данных и передавать результаты в стандартном виде для дальнейшей обработки.

На этапе подготовки к моделированию строится модель исследуемой компьютерной сети и формируется ее графическое представление в редакторе.



Определяется структура и компоненты системы, а также описываются их характеристики в виде законов распределения. Например, для серверов – закон распределения времени обработки поступающих запросов, для персональных компьютеров – законы распределения генерации запросов к серверам и другим компонентам сети, для сетевого оборудования – закон распределения возникновения аварийных ситуаций и т.д.

Построенная таким образом модель может быть изменена в соответствии с требованиями пользователя системы. Разработанная методика и система помогут в решении задач планирования и управления информационной системой организации и оптимизации ее работы:

- **осуществление анализа** текущего состояния информационной системы, в части получения количественных характеристик вычислительных возможностей при существующих характеристиках рабочих станций и поступления заявок на обслуживание и процессов их обработки;
- **проведение оценки** возможности увеличения интенсивности поступления заявок на сервера при существующей структуре локальной сети и мощностях серверов;
- **анализ планов** развития возможностей и технического обслуживания серверных станций, **оценка целесообразности** увеличения характеристик обслуживающих серверов;
- **проверка технической возможности и экономической целесообразности** добавления и/или дублирования серверных станций;
- **проверка** изменения поступления заявок в систему и их характеристик;
- **выработка**, на основе результатов моделирования, способов и методов проведения оптимизации работы информационных систем.

Система позволяет провести моделирование любых изменений в текущей структуре КИС, проанализировать величину экономических потерь при проведении технического обслуживания серверных станций, а также варианты возникновения затруднений при изменении генерации заявок в системе, добавлении новых рабочих станций. Система позволит существенно снизить издержки, которые раньше были неизбежны из-за ошибок в проектировании структуры информационных систем и внесении изменений.

Д.Н. Долгих

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ КИНЕТИЧЕСКИМ МОМЕНТОМ МИКРОСПУТНИКА НА ОСНОВЕ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЯ БЕЛЛМАНА

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Введение

В современной космонавтике при управлении вращательным движением



спутников широко применяются пассивные и полупассивные системы управления, основанные на взаимодействии магнитного поля спутника с геомагнитным полем [1]. Основным преимуществом таких систем управления по сравнению с активными системами является тот факт, что они не требуют расхода рабочего тела в процессе своего функционирования. Существенным недостатком магнитных систем управления являются относительно небольшие управляющие моменты изначальное время, затрачиваемое на процесс управления. Задачу управления кинетическим моментом спутника можно разделить на две подзадачи: уменьшение величины кинетического момента до малых значений и стабилизация величины кинетического момента в известном малом диапазоне значений.

Постановка задачи

Рассмотрим решение задачи стабилизации кинетического момента микроспутника в малом диапазоне своих значений. Пусть w_i -компоненты кинетического момента относительно жестко связанной с микроспутником системы координат, оси которой совпадают с главными центральными осями инерции тела, а I_i -компоненты центрального момента инерции I . Уравнения движения Эйлера имеют вид:

$$dw_x = \left(\frac{I_y - I_z}{I_y * I_z} * w_y * w_z + u_x \right) dt \quad (1)$$

Управление u_i подчинено ограничению $|u_i| \leq b_i$; где b_i - заданная постоянная. Движение системы (1) начинается в момент времени $t=0$ с кинетическими моментами, установившимися после уменьшения их величины (заданная ограниченная область Q). Задача заключается в выборе управлений u_i , максимизирующих вероятность пребывания системы (1) в области Q в течение отрезка времени $[0, T]$, где $T > 0$ задано.

Оптимальное по быстродействию управление кинетическими моментами микроспутника можно получить из решения уравнения в частных производных Беллмана [2]:

$$\frac{\partial V}{\partial t} + (I_y - I_z) * (I_y * I_z)^{-1} * w_y * w_z * \frac{\partial V}{\partial w_x} + (I_z - I_x) * (I_z * I_x)^{-1} * w_z * w_x * \frac{\partial V}{\partial w_y} +$$

$$+ (I_x - I_y) * (I_x * I_y)^{-1} * w_x * w_y * \frac{\partial V}{\partial w_z} + \sum_{i=1}^3 b_i * \left[\frac{\partial V}{\partial w_i} \right] = 0, \text{ где } b_i - \text{ заданная}$$

постоянная, I_x, I_y, I_z - главные центральные моменты инерции микроспутника, $w = (w_x, w_y, w_z)$ - вектор кинетического момента, V - функция, указывающая вероятность того, что кинетические моменты находятся в малом диапазоне значений.

Граничные условия: $V(t, w) = 0, 0 \leq t \leq T, V(T, w) = 1, w \in Q$, где Q - диапазон малых значений кинетического момента.



Оптимальный закон управления, являющийся решением уравнения Беллмана, задается соотношениями: $u_{0i} = b_i \text{sign} \frac{\partial V}{\partial w_i}, i=x,y,z$.

Уравнение Беллмана было решено методом конечных разностей с шагами дискретизации 0.1с. и 0.01рад/с, соответственно, по времени и составляющим кинетического момента.

Результаты численного моделирования

Рассмотрим результаты вычислений для микроспутника, имеющего форму прямоугольного параллелепипеда. Рисунок 1 был построен при следующих исходных данных и параметрах микроспутника: $T = 0, w_x = 0, b = 0.001, I_x = 1 \text{ кгм}^2, I_y = 1.5 \text{ кгм}^2, I_z = 2 \text{ кгм}^2$. На рисунке видно, что чем меньше кинетический момент, тем больше вероятность пребывания микроспутника в заданной области его значений.

На рисунке 2 показана зависимость функции $V(t, w_x, w_y, w_z)$ от времени для двух начальных точек: 1 (при $w_y = w_z = -0.1$) и 2 (при $w_y = w_z = 0.1$). В обеих точках было принято начальное значение $w_x = 0$.

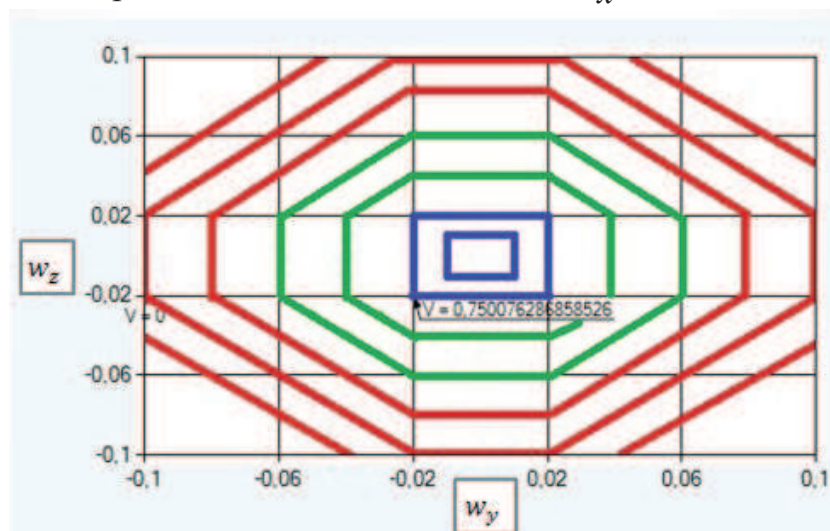


Рис. 1. Расположение поверхностей уровня функции Беллмана при $w_x = \text{const} = 0$

Исходя из рисунка 2, можно сделать вывод, что с ростом времени моделирования увеличивается вероятность поддержания кинетического момента в рассматриваемом малом диапазоне значений $Q \in [-0.1, 0.1]$ (град/с). Так в случае 1 вероятность того, что кинетический момент находится в рассматриваемом малом диапазоне значений, принимает значение равное единице уже в конце первой секунды управления. В случае 2 вероятность того, что кинетический момент находится в малом диапазоне значений, равна 0,9 в конце первой секунды управления.

На рисунке 3 изображена зависимость критерия качества $p(t) = \sup_{w_y, w_z} V(t, 0, w_y, w_z)$ от времени. Другими словами, график показывает



максимальное значение, которое принимает функция V при $w_x = 0, t \in [0,1]$ в ходе решения задачи.

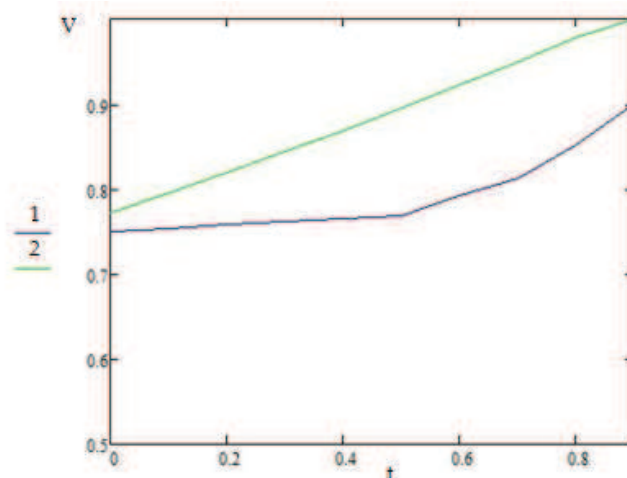


Рис. 2. График максимального значения вероятности V при $w_x = const = 0$

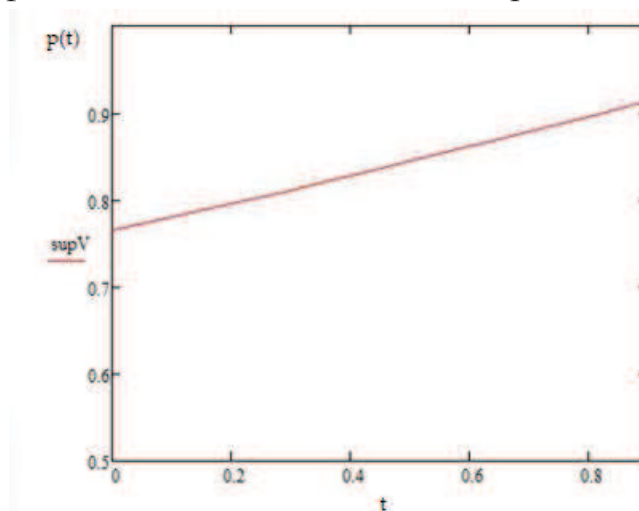


Рис. 3. Зависимость максимума критерия качества от времени

Вывод

Применение оптимального закона управления позволило обеспечить поддержание значений кинетического момента микроспутника в заданном малом диапазоне $Q \in [-0.1, 0.1]$ (град/с) с высокой долей вероятности, затратив при этом очень мало времени (≈ 1 секунду), подтвердив тем самым, что оптимальное по быстродействию управление микроспутника можно получить из решения уравнения в частных производных Беллмана. Рассмотренный подход также может быть применен для стабилизации малых значений кинетического момента на перспективных магнитных микро и наноспутниках.

Литература

1. Коваленко А.П. Магнитные системы управления космическими летательными аппаратами. – М.: Машиностроение, 1975.
2. Афанасьев В.Н., Колмановский В.Б., Носов В.Р. Математическая теория конструирования систем управления. – М.: Высшая школа, 1998.
3. Маркеев А.П. Теоретическая механика. – М.: Гриф МО РФ, 2001.



Д.В. Еленев, С.В. Киреев

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ТРОСОВОЙ СИСТЕМЫ ПРИ СПУСКЕ В АТМОСФЕРЕ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Разработана автоматизированная система расчета параметров тросовой системы (ТС) космического аппарата (КА) и аэродинамического стабилизатора (АС) при спуске в атмосфере.

Рассматриваемая ТС представляет собой связку двух твердых тел вращения – КА и АС, соединенных невесомым и нерастяжимым тросом. Принципиальная схема системы показана на рис. 1, где C_1 , C_2 и C – центры масс тел и механической системы; $\vec{G}_1$, $\vec{G}_2$ и $\vec{R}_1$, $\vec{R}_2$ – равнодействующие гравитационных и аэродинамических сил; α_1 , α_2 и α_3 – пространственные углы атаки тел и троса по отношению к вектору скорости центра масс системы $\vec{V}_C$; $\vec{r}_1$, $\vec{r}_2$, $\vec{r}_3$ и $\vec{\Delta r}_1$, $\vec{\Delta r}_2$ – векторы, определяющие взаимное положение центров масс тел, точек крепления троса и центров давления аэродинамических сил.

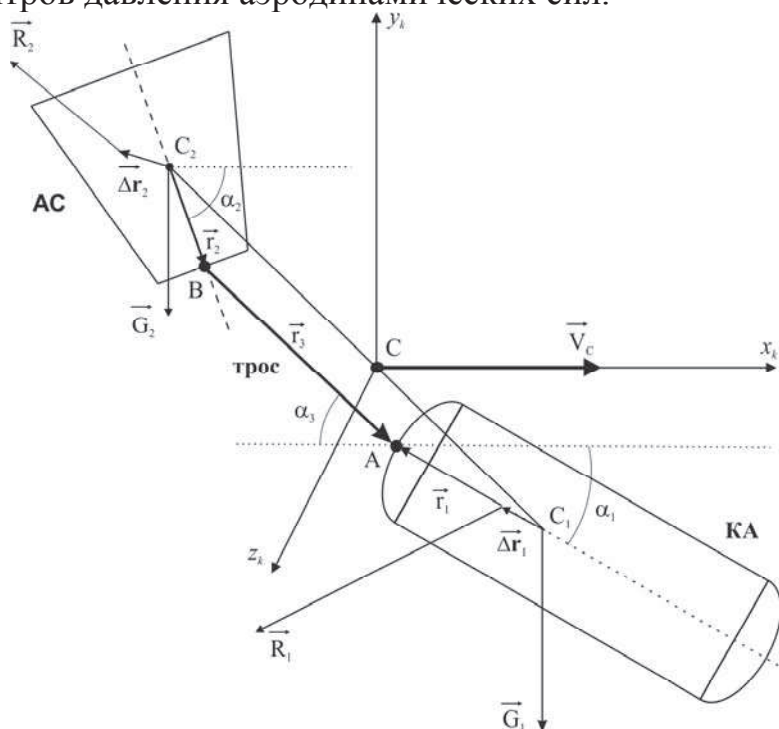


Рис. 1. Схема тросовой системы

Уравнения пространственного движения такой системы получены в работе [1] на основании применения теоремы об изменении кинетического момента для каждого из тел, теоремы о движении центра масс системы и уравнений связей. При получении уравнений движения гравитационные моменты, действующие на тела, считаются пренебрежимо малыми, а модуль гравитационного ус-



корения в пределах размеров механической системы предполагается неизменным. Система дифференциальных уравнений движения в общем случае представляет систему 24-ого порядка, значения коэффициентов которой приводятся в монографии [2].

Автоматизированная система позволяет производить расчет и исследование движения тросовой системы. На рис. 2 в качестве примера работы системы показана зависимость угла собственного вращения КА от времени.

С помощью разработанной системы возможно проведение анализа вопросов баллистического проектирования, в том числе выбор параметров ТС исходя из вопроса минимизации массы АС.

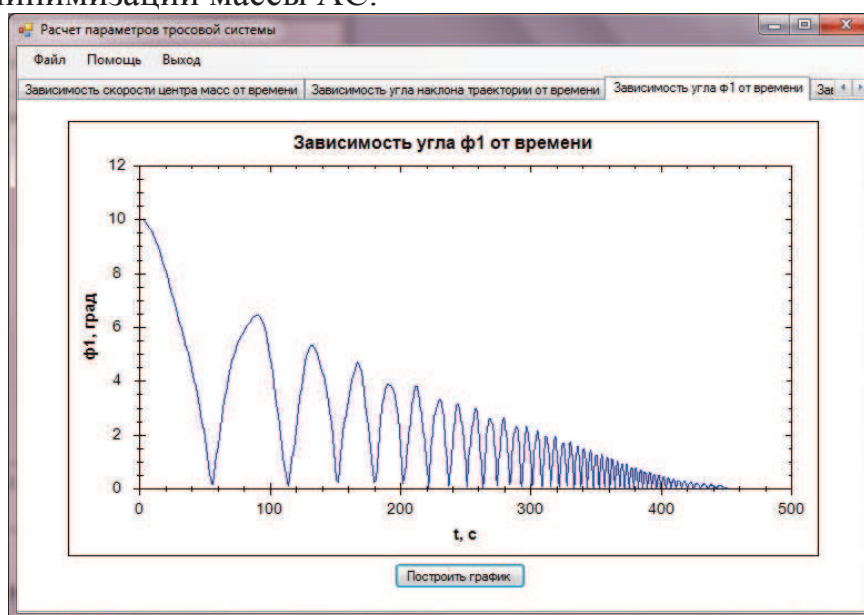


Рис. 2. Зависимость угла от времени

Критерий минимизации массы АС тесно связан с критерием стоимости, поскольку каждый килограмм дополнительной массы, выводимый на орбиту, характеризуется определенной стоимостью и увеличивает в целом стоимость любой космической операции. К подбираемым параметрам можно отнести массу АС, длину троса и размеры АС.

Для различных комбинаций форм тел, входящих в тросовую систему, проведено исследование движения ТС и анализ сил натяжения троса.

Литература

1. Заболотнов Ю.М., Еленев Д.В. Движение в атмосфере тросовой системы «спускаемый аппарат – аэродинамический стабилизатор» // Изв. СНЦ РАН. 2006. – т.8, №3. – с. 833 – 840
2. Еленев Д.В., Заболотнов Ю.М. Движение космического аппарата с тросовым аэродинамическим стабилизатором. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2011. – 114 с.



С.Л. Забелин, В.Д. Фроловский

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТАЭВРИСТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПОКРЫТИЯ

(ФГОБУ ВПО «Сибирский государственный университет
телекоммуникаций и информатики»)

Области применения задач максимального геометрического покрытия охватывают большое количество сфер деятельности человека. Они появляются в системах воздушного и космического наблюдения, системах безопасности, агротехнических системах, системах проектирования и других.

Задача геометрического покрытия является частным случаем задачи оптимального проектирования и принадлежит к классу задач «раскроя и упаковки». Требуется расположить некоторые геометрические объекты на покрываемой поверхности таким образом, чтобы вся поверхность была покрыта целиком с наименьшей площадью перекрытий и промахов объектов, а также использовать минимум объектов. Актуальность данной задачи обусловлена также её принадлежностью к классу NP-трудных задач, сложность которых очень быстро возрастает с увеличением размерности. Для решения задач малой размерности можно использовать точные алгоритмы. Однако для задач большей размерности точные методы требуют значительных временных затрат и не дают хороших результатов. Эффективным является использование метаэвристических методов.

В статье рассматривается решение задач оптимального геометрического покрытия с помощью «первого подходящего» (*FirstFit*), вероятностного (*Probabilistic*), экстремального (*Extreme*) и муравьиного (*Ant*) алгоритмов. Реализация выполнена на языке программирования C#.

В основе перечисленных алгоритмов лежит метод наложения двумерных матриц. В двумерном пространстве имеется покрываемая поверхность S_0 и покрывающие прямоугольные объекты $S_1, S_2, \dots, S_h$, где h – общее количество заданных объектов различной размерности. Требуется расположить прямоугольные объекты из области S_n покрываемой поверхности S_0 таким образом, чтобы вся поверхность была покрыта целиком, т.е. должно выполняться следующее условие:

$$S_0 \cap \left(\bigcup_{i=1}^h S_i \right) = S_0$$

Объекты могут быть использованы только один раз. В данной задаче принято, что все объекты имеют растровую структуру. В двумерной матрице каждая ячейка представляет собой пиксель на плоскости (Ox ; Oy). Введены следующие обозначения:

- 1) I – количество пропусков «*skip*» (точки со значением «1»);
- 2) S – количество успехов «*Success*» (точки со значением «2»);



- 3) M - количество промахов «Miss» (точки со значением « $a, b, c, \dots$ »);
- 4) O - количество переполнений «Overflow» (точки со значением « $A, B, C, \dots$ »);
- 5) Sum – количество точек всех используемых покрывающих объектов S_h .

Для определения эффективности покрытия введен коэффициент «Success», отражающий степень успешного расположения объектов на покрываемой поверхности ($0 < K_S \leq 1$, $K_S \rightarrow 1$):

$$K_S = \frac{S}{Sum}$$

В программе также рассчитываются и анализируются коэффициенты, отражающие количество промахов ($K_M \rightarrow 0$), переполнений ($K_O \rightarrow 0$), пропусков ($K_I \rightarrow 0$).

Покрывание поверхности S_0 осуществляется объектами S_h различной формы. Импортировать данные в программу можно рисунками с расширением *.bmp* или *.png*, которые преобразуются в матрицу.

Наложение объектов на поверхности осуществляется с помощью специальных «якорей» установленных на каждый объект. «Якорь» - это точка в объекте, которая имеет метку.

Для всех алгоритмов, кроме вероятностного, введена случайность выбора места расположения объекта, поэтому с каждым новым выполнением результат будет отличаться от предыдущего. Для ведения статистики выполнений с разными случайностями используется настраиваемый параметр, определяющий количество выполнений данного алгоритма. С помощью номера случайности всегда можно воспроизвести нужный вариант покрытия. Случайность алгоритма формируется автоматически при переносе его в область выполнения и при изменении количества выполнений в параметрах алгоритма и зависит от частоты процессора и времени создания. Случайность алгоритма можно задавать вручную. Случайность равная нулю говорит о том, что алгоритм работает без случайности, то есть берет первый подходящий вариант покрытия для каждого объекта.

В выводимых параметрах алгоритма можно увидеть коэффициенты «Success» для всех вариантов выполнения. Также для этих значений рассчитывается математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение варианта покрытия по следующим формулам:

$$\bar{K}_S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (K_S)_i$$
$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ((K_S)_i - (\bar{K}_S)_i)^2}$$

где $\bar{K}_S$ – математическое ожидание коэффициента «Success»;

σ – среднеквадратическое отклонение;

n – количество выполнений алгоритма;

K_S – коэффициент «Success».



Анализ работы алгоритмов проведен на поверхности размером 30 на 21 точку. Основные результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1. Коэффициент «*Success*» для исследуемых алгоритмов на поверхности размером 30 на 21 точку

Группа	Вариант алгоритма	Покрываемая поверхность			
		Кирпич	Кольцо	Ромашка	Случайное
к16	<i>01_Alg_First_Fit</i>	0,82031	0,52546	0,25947	0,48547
к16	<i>02_Alg_Probabilistic</i>	0,82031	0,52546	0,25947	0,48547
к16	<i>03_Alg_Extreme</i>	0,82031	0,52546	0,25947	0,48547
к16	<i>07_Alg_Ant</i>	0,82031	0,41164	0,23346	0,37778
к16	<i>08_Alg_Ant</i>	0,65625	0,54398	0,41827	0,47321
бк	<i>01_Alg_First_Fit</i>	0,74713	0,62470	0,50000	0,53456
бк	<i>02_Alg_Probabilistic</i>	1,00000	0,78873	0,71429	0,74364
бк	<i>03_Alg_Extreme</i>	0,75762	0,70801	0,62431	0,61735
бк	<i>07_Alg_Ant</i>	1,00000	0,59466	0,73203	0,54817
бк	<i>08_Alg_Ant</i>	1,00000	0,69110	0,75410	0,58081
п15	<i>01_Alg_First_Fit</i>	0,87246	0,52688	0,42000	0,53643
п15	<i>02_Alg_Probabilistic</i>	1,00000	0,46667	0,24571	0,45606
п15	<i>03_Alg_Extreme</i>	0,83472	0,51042	0,41290	0,51515
п15	<i>07_Alg_Ant</i>	0,91304	0,30588	0,25294	0,47317
п15	<i>08_Alg_Ant</i>	0,82609	0,45417	0,38095	0,56581
бп	<i>01_Alg_First_Fit</i>	0,75597	0,55952	0,45752	0,56964
бп	<i>02_Alg_Probabilistic</i>	0,93611	0,68966	0,43382	0,56544
бп	<i>03_Alg_Extreme</i>	0,76821	0,62385	0,60695	0,63316
бп	<i>07_Alg_Ant</i>	1,00000	0,66216	0,60580	0,73651
бп	<i>08_Alg_Ant</i>	1,00000	0,84709	0,63037	0,75000
г16	<i>01_Alg_First_Fit</i>	0,70588	0,46780	0,39583	0,45313
г16	<i>02_Alg_Probabilistic</i>	0,87216	0,54688	0,37723	0,40767
г16	<i>03_Alg_Extreme</i>	0,68137	0,51458	0,39583	0,43886
г16	<i>06_Alg_Ant</i>	0,64844	0,35547	0,32083	0,41815
г16	<i>07_Alg_Ant</i>	0,71875	0,44583	0,40179	0,47656
бг	<i>01_Alg_First_Fit</i>	0,53913	0,43654	0,36599	0,46485
бг	<i>02_Alg_Probabilistic</i>	0,85468	0,50110	0,45084	0,48323
бг	<i>03_Alg_Extreme</i>	0,60209	0,47667	0,54156	0,45816
бг	<i>06_Alg_Ant</i>	0,78723	0,44676	0,41190	0,47791
бг	<i>07_Alg_Ant</i>	0,80226	0,55023	0,48515	0,53188
т16	<i>01_Alg_First_Fit</i>	0,64183	0,50431	0,33902	0,45516



Группа	Вариант алгоритма	Покрываемая поверхность			
		Кирпич	Кольцо	Ромашка	Случайное
т16	<i>02_Alg_Probabilistic</i>	0,86932	0,52232	0,31875	0,44048
т16	<i>03_Alg_Extreme</i>	0,69250	0,49792	0,35625	0,45313
т16	<i>06_Alg_Ant</i>	0,66927	0,43103	0,30417	0,36806
т16	<i>07_Alg_Ant</i>	0,70313	0,47991	0,39509	0,43598
6т	<i>01_Alg_First_Fit</i>	0,42141	0,38160	0,33794	0,34733
6т	<i>02_Alg_Probabilistic</i>	0,48077	0,44422	0,22842	0,41326
6т	<i>03_Alg_Extreme</i>	0,48705	0,40663	0,44796	0,41467
6т	<i>06_Alg_Ant</i>	0,68684	0,61578	0,41149	0,45984
6т	<i>07_Alg_Ant</i>	0,74247	0,61461	0,49517	0,46860
6к_6п_6г_6т	<i>01_Alg_First_Fit</i>	0,57080	0,44526	0,42245	0,45101
6к_6п_6г_6т	<i>02_Alg_Probabilistic</i>	0,90649	0,67848	0,44522	0,60000
6к_6п_6г_6т	<i>03_Alg_Extreme</i>	0,66788	0,59674	0,64045	0,55468
6к_6п_6г_6т	<i>06_Alg_Ant</i>	0,96568	0,81707	0,74671	0,70319
6к_6п_6г_6т	<i>07_Alg_Ant</i>	0,96423	0,85061	0,76316	0,70518
6с	<i>01_Alg_First_Fit</i>	0,32397	0,29073	0,28061	0,28337
6с	<i>02_Alg_Probabilistic</i>	0,37702	0,31478	0,31619	0,31343
6с	<i>03_Alg_Extreme</i>	0,36615	0,31419	0,37263	0,33824
6с	<i>06_Alg_Ant</i>	0,50116	0,45536	0,52661	0,36471
6с	<i>07_Alg_Ant</i>	0,51628	0,47748	0,36807	0,39671
6к_6п_6г_6т_6с	<i>01_Alg_First_Fit</i>	0,52106	0,41087	0,36031	0,42328
6к_6п_6г_6т_6с	<i>02_Alg_Probabilistic</i>	0,74069	0,64373	0,51629	0,52019
6к_6п_6г_6т_6с	<i>03_Alg_Extreme</i>	0,60347	0,51919	0,54315	0,50989
6к_6п_6г_6т_6с	<i>06_Alg_Ant</i>	0,94923	0,85938	0,61721	0,68898
6к_6п_6г_6т_6с	<i>07_Alg_Ant</i>	0,94444	0,84615	0,60286	0,71721

Условные обозначения:

- а) «к» – квадрат, «п» – прямоугольник, «г» – г-образный, «т» – т-образный, «с» – сложный;
- б) число перед буквой – количество видов объектов;
- в) число после буквы – площадь единственного объекта в точках.

Алгоритм «первый подходящий» (*FirstFit*)

Алгоритм предполагает простую укладку первого попавшегося геометрического объекта на первую найденную пустую область на покрываемой поверхности. Покрывание происходит слева направо, сверху вниз. Управляемых параметров нет, кроме общих для всех алгоритмов. Он не гарантирует получения хорошего результата, но дает возможность построения хорошего начального приближения.



В управляемых параметрах установлено 1000 выполнений. Вследствие работы вероятности и большого количества повторений алгоритм может давать хорошие результаты, даже лучше более сложных алгоритмов. Например, при покрытии поверхности прямоугольниками одинаковой площади, данный алгоритм дает похожие или лучшие результаты в сравнении с более сложными алгоритмами (таблица 1, покрытие «п15»). Несмотря на большое количество выполнений, алгоритм не требует больших вычислительных ресурсов, так как случайный объект размещается на место в порядке следования «бегунка», и время работы алгоритма сравнительно не большое. Чем сложнее поверхность и более разнообразные покрываемые объекты, тем хуже работает «первый подходящий».

Вероятностный (*Probabilistic*) алгоритм

В вероятностном алгоритме каждому из S_h объектов присваивается вероятность использования в зависимости от площади объекта. Затем объекты упорядочиваются по уменьшению вероятности использования. Далее покрытие происходит некоторое количество раз по принципу алгоритма «первый подходящий», которое определяется применением доверительного коэффициента. Начальное значение доверительного коэффициента равно единице. Единственный управляемый коэффициент называется детализацией доверительности. Он показывает количество шагов одинаковой величины, за которые доверительный коэффициент уменьшиться до нуля. В этом алгоритме происходит примерка объектов на каждое место. Если объект удовлетворяет доверительному коэффициенту, то он устанавливается, иначе коэффициент уменьшается. На рисунке 1 приведено сравнение пяти алгоритмов, покрывающих шестью разными г-образными объектами.

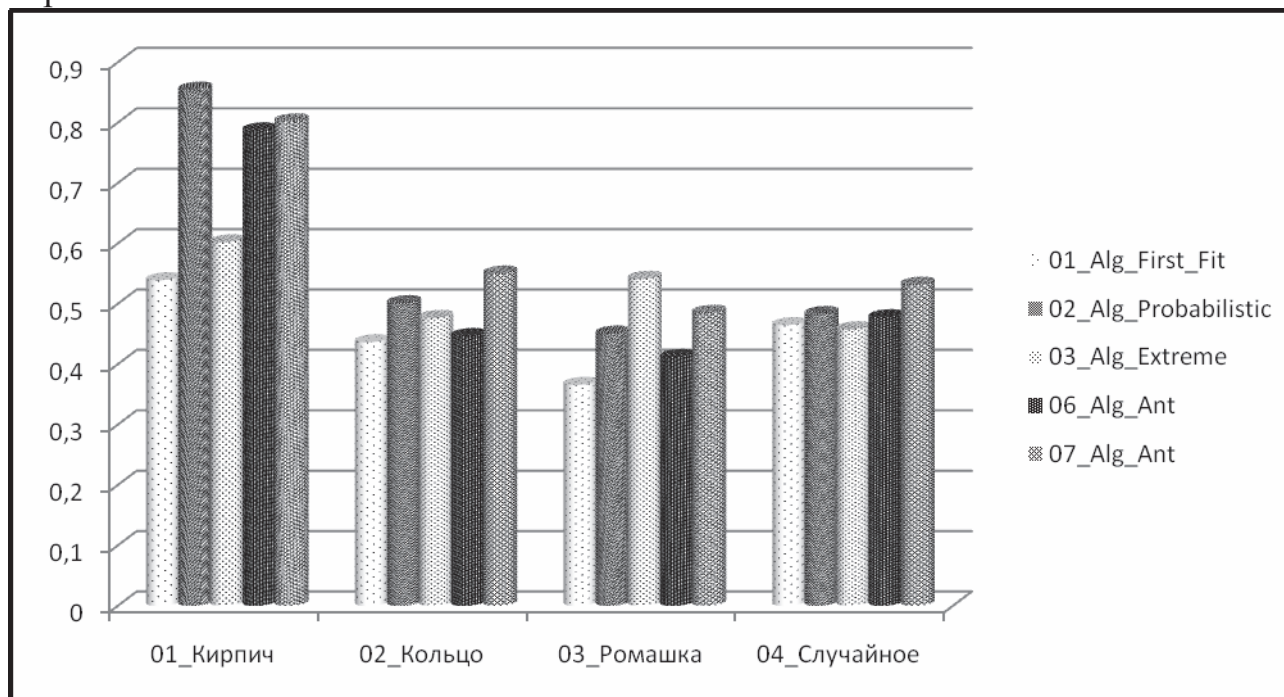


Рис. 1. Сравнение работы алгоритмов на четырех разных поверхностях, используя шесть г-образных объектов (6г)



Вероятностный алгоритм хорошо работает на поверхностях с равной шириной (например, «кирпич») и с объектами разной формы и с равномерным изменением площади. Преимущество работы рассматриваемого алгоритма видны на поверхности вида «кирпич», покрываемой шестью видами г-образных объектов, площадь которых соответственно 3, 5, 12, 16, 22, 29 точек. Покрытие изображено на рисунке 2. Однако и на других поверхностях он дает хорошие результаты с условием, что в приведенном примере площадь объектов изменяется равномерно.

Скорость работы данного алгоритма высока, так как покрытие совершается за один проход, однако скорость подбора объекта на выбранное место зависит от детализации достоверности.



Рис. 2. Покрытие поверхности «кирпич» вероятностным алгоритмом (6г)

Экстремальный (*Extreme*) алгоритм

Экстремальный алгоритм работает только с одним решением, которое шаг за шагом улучшается. Основная стратегия метода в том, чтобы найти те компоненты решения, которые влияют на него наихудшим образом, и постепенно улучшать их.

Применительно к задаче покрытия данный алгоритм будет работать следующим образом. Есть покрываемая поверхность S_0 . Для покрытия этой области применен алгоритм «первый подходящий». Поверхность покрытия разбивается на две части и вычисляются их коэффициенты «*Success*». Принято, что объекты, попавшие на линию раздела принадлежат части с меньшим коэффициентом. Все объекты, принадлежащие области поверхности с худшим коэффициентом удаляются, и осуществляется покрытие всей поверхности с учетом оставшихся объектов. После полного повторного покрытия происходит расчет коэффициентов эффективности. Если коэффициент «*Success*» всей новой области меньше либо равен коэффициенту предыдущей области, то происходит возврат к старому варианту покрытия, иначе сохраняется новый результат. И так до тех пор, пока идет улучшение при заданной глубине рекурсии (количество попыток).

Экстремальный алгоритм работает с установленным количеством попыток равным тысячи раз и количеством выполнений равным ста. Из-за большого



количества простейших покрытий время выполнения алгоритма увеличивается. Например, оно в сотни раз больше времени выполнения «первого подходящего» и вероятностного алгоритма, однако почти в два раза меньше времени выполнения муравьиного алгоритма для покрываемой поверхности «ромашка» (таблица 1, объекты «бг»).

Как видно из графиков на рисунке 1 экстремальный алгоритм совершил покрытие поверхности «ромашка» лучше приведенных алгоритмов. Это обусловлено большим количеством вариантов проблемных участков поверхности, однако данный алгоритм работает не стабильно. Его результаты могут оставаться на уровне «первого подходящего».

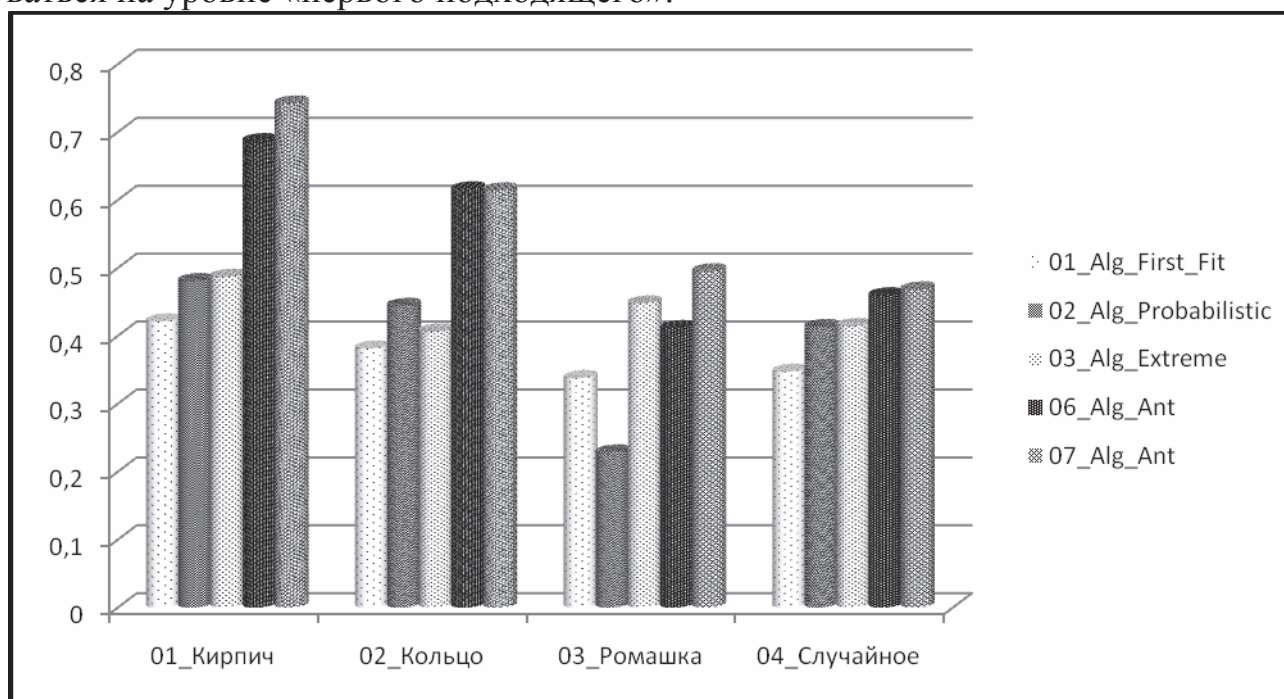


Рис. 3. Сравнение работы алгоритмов на четырех разных поверхностях, используя шесть т-образных объектов (бт)

На рисунке 3 приведено сравнение экстремального алгоритма с остальными, результаты которого часто уступают только муравьиному алгоритму. Из таблицы 1 видно, что данный алгоритм работает лучше с покрывающими объектами разной формы и площади.

Муравьиный (*Ant*) алгоритм

Муравьиный алгоритм основан на тех же принципах, по которым муравьи находят кратчайший путь между двумя точками. Муравей располагает набором из всех геометрических объектов $S_1, \dots, S_h$ и покрываемой поверхностью S_0 .

Рассмотрим реализацию муравьиного алгоритма для задачи геометрического покрытия. В предложенном исполнении алгоритма используются понятия «гордой» и «жадной» укладки. Сначала покрывающие объекты с одинаковой площадью объединяются в группы. Далее происходит сортировка получившихся групп по убыванию площади. При выполнении цикла каждой группе присваивается статус. Группа со статусом «жадной» укладки производит размещение объектов на покрываемой поверхности оптимальным способом. Оптималь-



ный способ укладки – это размещение объектов, путем полного прохождения каждым объектом каждой точки карты и выбора лучшего положения данного объекта на карте. Лучшее размещение объекта выбирается из двух условий: «жадность» и «эксклюзив». «Жадность» определяется количеством «1» под объектом с данным поворотом и на данной точке карты, а «эксклюзив» определяется суммой «1» для четырех поворотов на данной точке карты. Лучшим положением является точка на карте с максимальной «жадностью». Если точек карты с максимальной «жадностью» несколько, то лучшим положением выбирается точка с минимальным «эксклюзивом». Если точек с максимальной «жадностью» и минимальным «эксклюзивом» несколько, то точка для расположения объекта выбирается случайным образом из полученных лучших вариантов. Данным условием достигается случайность алгоритма.

Группа со статусом «гордой» укладки производит размещение объектов на покрываемой поверхности оптимальным способом с дополнительным условием. Ограничением для данного размещения является условие, при котором отношение «жадности» в данной точке карты с данным поворотом к площади покрывающего объекта равно единице. Объект в данном виде укладки может быть расположен на карте только при соблюдении этого условия. Также как и в «жадной» укладке при получении нескольких точек с идеальной «жадностью», объект располагается в точке с минимальным «эксклюзивом». Если точек с идеальной «жадностью» и минимальным «эксклюзивом» несколько, то точка для расположения объекта выбирается случайным образом из полученных лучших вариантов.

Покрывание поверхности осуществляется группами объектов. В муравьином алгоритме происходит множество проходов по группам с изменением статуса. После окончания цикла осуществляется вывод лучшего результата и расчет всех коэффициентов.

Рассматриваемый алгоритм по заданному значению выполняется 100 раз. Покрывание осуществляется:

- а) по неполной карте (06_Alg_Ant) – поиск точки осуществляется только по непокрытой области поверхности;
- б) по полной карте (07_Alg_Ant) – поиск точки осуществляется по всей матрице, включая точки, не принадлежащие поверхности.

Второй метод значительно увеличивает работу алгоритма из-за необходимости при укладке каждого объекта искать место по всей матрице. Однако этот метод позволяет добиваться более высоких результатов для поверхностей и объектов сложной формы.

Муравьиный алгоритм плохо работает с объектами одного размера, потому что он построен на оптимальном размещении групп объектов разной площади. Это видно на диаграмме в таблице 1, где поверхности покрываются прямоугольными объектами одинаковой формы и площади (п15). Однако уже на поверхности «случайное» муравьиный алгоритм с полной картой превосходит другие алгоритмы, так как эта поверхность является неоднородной и имеет изорванные края.



Расположение покрывающих объектов разного вида и площади на поверхностях сложной формы с помощью муравьиного алгоритма осуществляется значительно лучше за счет прохождения полной карты и преимущества «гордой» и «жадной» укладки. Сравнительный анализ работы алгоритма приведен на рисунке 4.

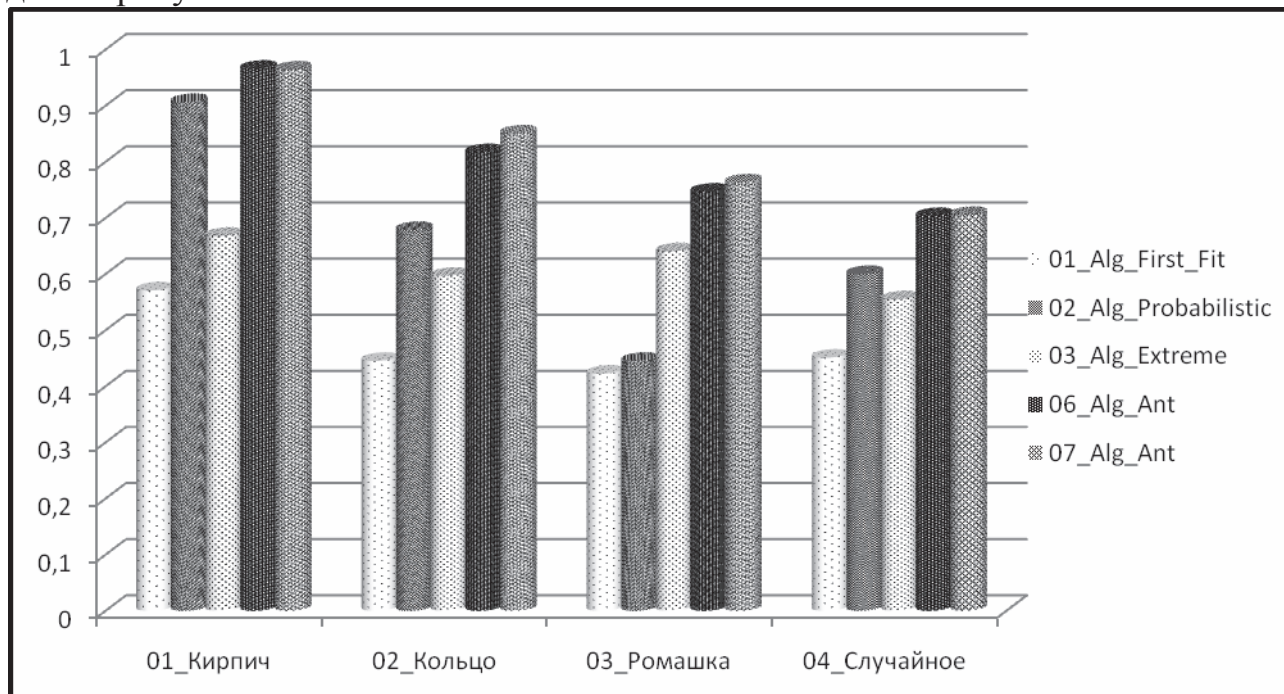


Рис. 4. Сравнение работы алгоритмов на четырех разных поверхностях, используя по шесть квадратов, прямоугольников, г-образных и т-образных объектов (6к_6п_6г_6т)

На четырех разных поверхностях с использованием большого количества разной формы и площади объектов муравьиный алгоритм показывает более высокие результаты. Отдельно на рисунке 5 приведено покрытие поверхности «ромашка» муравьиным алгоритмом с полной картой объектами различной формы и площади.

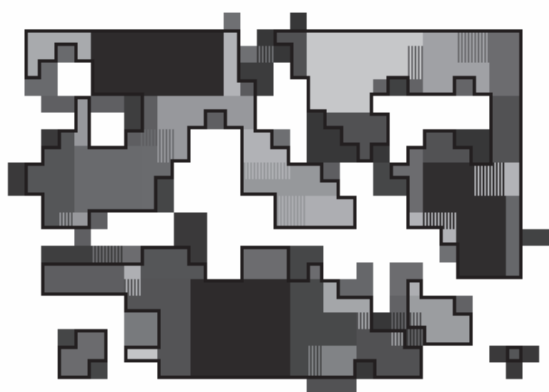


Рис. 5. Покрытие поверхности «случайное» муравьиным алгоритмом (6к_6п_6г_6т)

Литература

1. Фроловский В.Д. Приближенные методы решения *NP*-трудных задач в системах автоматизации проектирования. Новосибирск: НГТУ, 2006. – 100 с.



2. Филиппова А.С., Кузнецов В.Ю. Задачи о минимальном покрытии ортогональных многоугольников с запретными участками // Информационные технологии, 2008. – №9 (145). – с. 60 – 65
3. Мухачева А.С. простые эвристики для решения двумерной задачи максимального покрытия // Принятие решений в условиях неопределенности. Межвузовский научный сборник. Вып.2. Ч.1. Уфа: УГАТУ, 2005. – с. 24 – 32
4. Dorigo M., Maniezzo V., Colomi A. The ant system: Optimization by a colony of cooperating agents // IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1996. – № 26. – pp. 29 – 41
5. Кузнецов В.Ю. Задача покрытия и ее приложения // Интеллектуальные системы обработки информации и управления: сб. ст. рег. зимн.шк.-сем. Аспирантов и молодых ученых, Т.1, Уфа: УГАТУ, 2006. – с. 151 – 172
6. Фроловский В.Д. Автоматизация проектирования управляющих программ тепловой резки металла на оборудовании с ЧПУ // Информационные технологии в проектировании и производстве, 2005. – № 4. – с. 35 – 51
7. Кузнецов В.Ю. Задачи покрытия ортогональных многоугольников с запретными участками. // Вестник УГАТУ. Серия: «Управление, вычислительная техника и информатика», Т. 10, №2(27). Уфа: УГАТУ, 2008. – с. 177 – 182

Ю.М. Заболотнов, А.А. Лобанков

УПРАВЛЕНИЕ КОЛЕБАНИЯМИ В СИСТЕМЕ С ДВУМЯ СТЕПЕНЯМИ СВОБОДЫ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

В работе рассматривается задача управления колебаниями в системе с двумя степенями свободы. Колебательная система представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений, описывающую её малые колебания в окрестности положения равновесия. На систему действуют малые возмущения, характеризующие управление и другие неконтролируемые воздействия. Метод построения оптимальных управлений основывается на совместном применении принципа динамического программирования Беллмана, методов анализа устойчивости динамических систем Ляпунова и метода усреднения. Предлагается общая форма критерия оптимальности, наиболее рациональная для данных систем.

Настоящая работа посвящена построению приближенно оптимальных управлений колебательными системами при решении задач стабилизации (задачи демпфирования, гашения колебаний). Предлагаемый метод может быть применен как линейных систем, так и для нелинейных, в которых возможно возникновение автоколебательных режимов движения.



Рассматриваются колебательные системы, поведение которых описывается следующей системой обыкновенных дифференциальных уравнений

$$A \frac{d^2 x}{dt^2} + C x = \varepsilon Q \left(x, \frac{dx}{dt} \right) + \varepsilon m u, \quad (1)$$

где x – двухмерный вектор переменных состояния системы, A и C – известные квадратные матрицы, ε – малый параметр задачи, $Q \left(x, \frac{dx}{dt} \right)$ – вектор-функция возмущений, действующих на систему; m – матрица, определяющая структуру управляющего устройства в конкретной задаче; u – скалярное управление.

Предполагается, что для системы (1) выполнены условия управляемости и наблюдаемости.

При $\varepsilon = 0$ получаем невозмущенную систему, описывающую малые колебания относительно положения равновесия. Решения этой системы записываются в известной форме

$$x = \sum_{i=1}^2 K_i V^{(i)} \cos(\varphi_i), \quad (2)$$

где K_i и φ_i – амплитуды и фазы колебаний, $V^{(i)}$ – собственные вектора невозмущенной системы, $\varphi_i = \omega_i t + \alpha_i$, ω_i – частоты невозмущенной системы. Для невозмущенного решения (2) параметры K_i и α_i являются произвольными постоянными.

Существование решения невозмущенной системы в форме (2) для конкретных задач управления обеспечивается положительной определенностью матриц A и C . В том случае частоты невозмущенной системы определяются из равенства нулю определителя $\det(C - \omega^2 A) = 0$ (частотное уравнение).

При $u = 0$ получаем систему без управления. В этом случае колебательная система может быть динамически устойчивой или неустойчивой в зависимости от свойств возмущающих функций $Q \left(x, \frac{dx}{dt} \right)$. Динамическая устойчивость или неустойчивость определяется в этом случае медленным изменением амплитуд колебаний системы. Если хотя бы одна амплитуда колебаний увеличивается, то система называется динамически неустойчивой. Кроме того, наличие нелинейных возмущающих функций $Q \left(x, \frac{dx}{dt} \right)$ может приводить к возникновению автоколебательных режимов в неуправляемой колебательной системе.

Ставится задача об оптимальном демпфировании колебаний в системе (1), то есть целью управления является перевод системы в начало координат. При этом оптимальность управления u понимается в смысле минимума функционала

$$J = \varepsilon \int_0^{t_k} (K^T a K + u^T c u) dt, \quad (3)$$



где a и c – положительно определенные матрицы весовых коэффициентов критерия оптимальности, K – вектор амплитуд колебаний, $\left(\begin{smallmatrix} T \end{smallmatrix} \right)$ – знак транспонирования.

В простейшем случае матрицы a и c можно задать диагональными. Тогда, фиксируя одну из этих матриц, например, a , изменяя диагональные компоненты матрицы c и решая ряд задач оптимального управления, можно выбрать подходящее управление с точки зрения уровня возникающих ошибок управления, которые характеризуются первым слагаемым в интеграле (3) и затратами на управление, которые характеризуются вторым слагаемым в интеграле (3).

Применение метода усреднения к системе (1) предполагает замену переменных в этой системе вида $\left(x, \frac{dx}{dt} \right) \Rightarrow (K, \varphi)$, φ – вектор фаз колебаний. При этом замена переменных осуществляется в соответствии с формулами

$$x = \sum_{i=1}^2 K_i V^{(i)} \cos(\varphi_i), \quad \frac{dx}{dt} = - \sum_{i=1}^2 K_i \omega_i V^{(i)} \sin(\varphi_i), \quad (4)$$

которые соответствуют виду невозмущенного решения (2).

Переходя к переменным «амплитуды – фазы», получим для новых переменных

$$\frac{dK_i}{dt} = \varepsilon X_i(K, \varphi) + \varepsilon D_i u \sin \varphi_i, \quad \frac{d\varphi_i}{dt} = \omega_i + \varepsilon \dots, \quad (5)$$

где $X(K, \varphi)$ и D – известная вектор-функция и вектор.

Для определения оптимального управления используется принцип динамического программирования Беллмана. В соответствии с этим принципом оптимальное управление находится из условия

$$\min_u \left[\varepsilon K^T a K + \varepsilon u^T c u + \varepsilon \frac{\partial W}{\partial K} \cdot (X(K, \varphi) + (D u) \cdot \sin \varphi) + \frac{\partial W}{\partial \varphi} \cdot (\omega + \varepsilon \dots) \right] = 0. \quad (6)$$

где $W(K, \varphi)$ – производящая функция, $\sin \varphi = (\sin \varphi_1, \sin \varphi_2)^T$, $\omega = (\omega_1, \omega_2)^T$, а точка означает скалярное произведение векторов.

Функция, стоящая под знаком минимума в соотношении (6), является квадратичной функцией управления. Поэтому не составляет трудности найти ее минимум по u . Для этого надо взять производную от этой функции по вектору u и приравнять эту производную к нулю (необходимые условия экстремума). В итоге получим следующее оптимальное управление

$$u^0 = - \frac{1}{2} c^{-1} D^T \left(\frac{\partial W}{\partial K} \sin \varphi \right) + \dots, \quad (7)$$

$$\text{где } \frac{\partial W}{\partial K} \sin \varphi = \left(\frac{\partial W}{\partial K_1} \sin \varphi_1, \frac{\partial W}{\partial K_2} \sin \varphi_2 \right)^T.$$

Оптимальное управление (7) найдено с точностью до производящей функции $W(K, \varphi)$. Причем в соотношениях (6) и (7) не записаны некоторые слагае-



мые, равные нулю с точки зрения применяемого далее для определения функции $W(K, \varphi)$ метода усреднения.

Подставляя оптимальное управление (7) в условие (6) получим уравнение в частных производных для определения функции $W(K, \varphi)$

$$\varepsilon K^T a K + \varepsilon \frac{\partial W}{\partial K} \cdot X(K, \varphi) + \dots - \frac{\varepsilon}{4} \left[c^{-1} D^T \left(\frac{\partial W}{\partial K} \sin \varphi \right) \right]^T \left[D^T \left(\frac{\partial W}{\partial K} \sin \varphi \right) \right] = 0. \quad (8)$$

При решении уравнения в частных производных (8) применяется метод усреднения, который заключается в поиске решения в виде асимптотических рядов

$$W(K^0, \varphi^0) = W_0(K^0) + \varepsilon W_1(K^0, \varphi^0) + \varepsilon^2 + \dots \quad (9)$$

$$K = K^0 + \varepsilon u_1(K^0, \varphi^0) + \varepsilon^2 \dots, \quad \varphi = \varphi^0 + \varepsilon v_1(K^0, \varphi^0) + \varepsilon^2 \dots, \quad (10)$$

Асимптотические ряды (9), (10) можно интерпретировать как формулы перехода к новым переменным K^0, φ^0 , причем эти переменные удовлетворяют дифференциальным уравнениям, правые части которых не содержат фазы φ^0

$$\frac{dK^0}{dt} = \varepsilon A_1(K^0) + \varepsilon^2 \dots, \quad \frac{d\varphi^0}{dt} = \omega + \varepsilon B_1(K^0) + \varepsilon^2 \dots \quad (11)$$

Функции $u_1(K^0, \varphi^0)$, $v_1(K^0, \varphi^0)$, $A_1(K^0)$, $B_1(K^0)$ определяются по известной методике метода усреднения. Причем функции $u_1(K^0, \varphi^0)$, $v_1(K^0, \varphi^0)$ периодичны по каждой из фаз с периодом 2π и имеют нулевое среднее.

Подставляя ряды (9), (10) и соотношения (11) в уравнение (8), усредняя это уравнение по фазам φ_i^0 и удерживая слагаемые только порядка ε , получим

$$(K^0)^T a K^0 + \frac{\partial W_0}{\partial K^0} \cdot \langle X(K^0, \varphi^0) \rangle - \frac{1}{4} \left\langle \left[c^{-1} D^T \left(\frac{\partial W_0}{\partial K^0} \sin \varphi^0 \right) \right]^T \left[D^T \left(\frac{\partial W_0}{\partial K^0} \sin \varphi^0 \right) \right] \right\rangle = 0. \quad (12)$$

где оператор $\langle \dots \rangle$ есть стандартный оператор усреднения.

Уравнение (12) существенно проще исходного уравнения (8), так как слагаемые в него входящие зависят только от амплитуд и не зависят от фаз, причем, то же самое справедливо и для производящей функции $W_0(K^0)$.

Для обеспечения динамической устойчивости точки равновесия колебательной системы $x = 0$ функция $W_0(K^0)$, удовлетворяющая уравнению (12), должна быть положительно определенной. В этом случае функцию $W_0(K^0)$ можно рассматривать как функцию Ляпунова, обеспечивающую устойчивость решения $K^0 = 0$ для усредненной системы.



Здесь надо отметить, что при усреднении возмущений $\langle X(K^0, \varphi^0) \rangle$ в уравнении (12) можно учитывать только линейную часть функции $Q\left(x, \frac{dx}{dt}\right)$, входящей в исходную систему (1), что гарантирует устойчивость решения $K^0 = 0$ в некоторой окрестности начала координат. В этом случае функция $W_0(K^0)$ ищется в наиболее простом виде: в виде положительно определенной квадратичной формы $W_0(K^0) = (K^0)^T P K^0$, где P – положительно определенная матрица. Подставив решение это решение в уравнение (12), получим алгебраическое уравнение для матрицы P , решение которого не представляет трудности.

Окончательно приближенно оптимальное управление (7) примет вид

$$u^0 = -\frac{1}{2} c^{-1} D^T \left(\frac{\partial W_0}{\partial K^0} \sin \varphi^0 \right). \quad (13)$$

Подставляя управление (13) в систему (5) и проводя усреднение можно выявить все особенности колебательной системы с управлением, определив ее особые точки, наличие устойчивых или неустойчивых автоколебательных режимов и т.п.

Приводятся примеры применения изложенной методики для различных возмущающих функций $Q\left(x, \frac{dx}{dt}\right)$, характеризующих исходную колебательную систему, и определены возможные изменения фазовых портретов на плоскости амплитуд колебаний (K_1, K_2) при введении оптимального управления.

В.А. Куделькин, В.Ф. Денисов, Г.М. Бахрах, О.А. Волков, М.Ю. Жибуртович

ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ И ТЕРРИТОРИЯХ

(Консорциум «Интегра-С»)

В работах [1-3] распределенные интегрированные интеллектуальные системы мониторинга состояния и обеспечения безопасности объектов, рассматриваются как элементы обобщенной архитектуры безопасности региона, инфраструктуры городов и отдельных предприятий (транспорт, энергообеспечение, производство, коммунальное хозяйство, экология, общественная безопасность и др.). Такие системы:

- базируются на применении информационно-коммуникационных технологий общего назначения и специализированных средств защиты объектов, процессов и ресурсов предприятий,



- выполняют функции сбора и упорядочения данных о состоянии целостности и безопасности стационарных и движущихся объектов, идентификации потоков внутренних и внешних возмущений от разнообразных пассивных и дистанционно управляемых источников информации, распределенных по территории региона,
- обеспечивают идентификацию событий и анализ реального состояния объектов, подготовку решений и рекомендаций по управлению объектами в аварийных и критических ситуациях,
- решают задачи планирования и распределения ресурсов, необходимых для поддержания целостности, защиты и нормального функционирования объектов, мероприятий по восстановлению целостности объектов в сложившейся ситуации.

При этом непосредственное управление объектами, соблюдение регламентов и норм безопасности осуществляется их владельцами, основными подразделениями предприятия и, в аварийных и критических ситуациях, внутренними и внешними службами безопасности (охрана, противопожарная служба, органы МЧС, МВД, и др.).

Подразделениями консорциума «Интегра-С» с участием ряда ведущих организаций и предприятий - членов группы «ИТ-стандарт» (национальный технический комитет по стандартизации ТК-22 «Информационные технологии» и ТК-234 «Системы охранной сигнализации и противокриминальной защиты») разработаны основные организационно-технические решения по созданию интегрированных интеллектуальных систем мониторинга ситуаций на объектах и территориях. Обобщенная структура региональных (муниципальных) интегрированных систем мониторинга и обеспечения безопасности распределенных объектов приведена на рис.1.

В состав интегрированных систем мониторинга включаются средства:

- контроля систем жизнеобеспечения зданий и помещений (энерго - и водоснабжение, температурный режим и др.), противопожарной защиты и сигнализации, оповещения персонала предприятий, служб безопасности и населения;
- контроля доступа на территорию, в здания и помещения предприятий;
- автоматизированной подготовки динамических 3D-моделей зданий, сооружений и территорий объектов и их привязки к географическим координатам на местности с применением геоинформационных технологий;
- видеонаблюдения и идентификации статических и движущихся объектов, устройства каналов передачи данных по структурированным кабельным сетям, оптоволоконным линиям связи и радиоканалам;
- интеллектуальной обработки, хранения данных о состоянии объектов контроля с привязкой к реальному масштабу времени наступления различных событий;
- защиты информационных ресурсов организаций и предприятий;



- связи и электронных коммуникаций с внешним окружением и, в частности, с инфраструктурами обеспечения безопасности региона в аварийных и критических ситуациях.



Рис.1. Структура региональной интегрированной системы мониторинга состояния безопасности

Система мониторинга выявляет потенциально опасные ситуации, определяет уровень угрозы и автоматически (без участия персонала объекта, на котором выявлена потенциальная опасность) информирует соответствующие службы ликвидации аварийных и критических ситуаций на объектах по различным каналам связи.

При построении системы особое внимание уделяется вопросам обоснования Архитектуры интегрированных систем обеспечения безопасности в конкретных регионах, Обобщенная Архитектура базовых инструментальных средств мониторинга и обеспечения безопасности региональных систем на рис. 2

В состав инструментальных средств служб мониторинга на объектах, служб безопасности предприятий и региональных и отраслевых ситуационных центров и ликвидации чрезвычайных ситуаций включаются базовые программно-технические (ПТК) и программно-методические комплексы (ПМК), которые обеспечивают решение задач:

1. управления службами безопасности, анализа рисков и угроз безопасности, настройки конфигурации базовых средств мониторинга на условия предприятия, ведение реестров средств, установленных на объектах;



2. контроль состояния оборудования и ситуации на объектах;
3. хранение данных о состоянии и истории состояния объектов (дискретные сигналы датчиков, текстовые сообщения, видеокадры, голос),
4. обработку данных для принятия решений и оперативную связь со службами обеспечения безопасности региона.

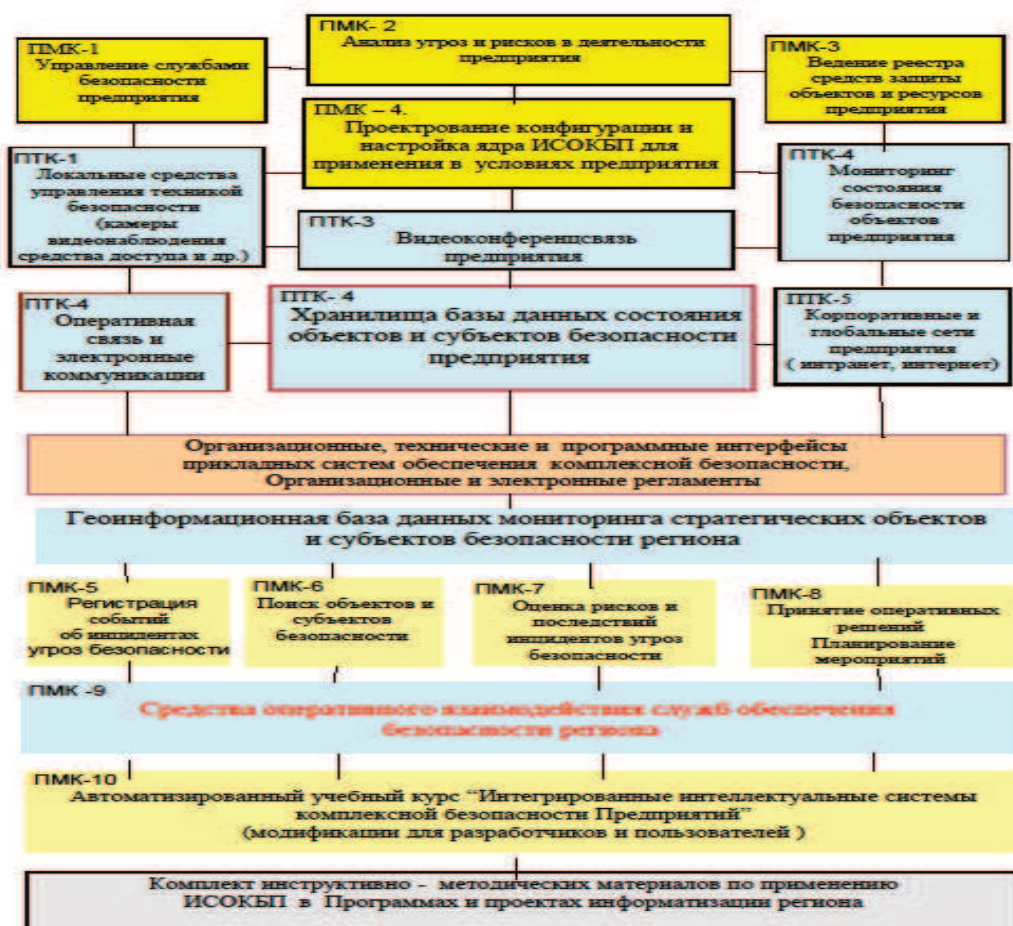


Рис.2. Базовая архитектура интегрированных интеллектуальных систем мониторинга и обеспечения безопасности предприятий и регионов.

Наш опыт проектирования и эксплуатации систем мониторинга на ряде объектов показывает, что особое внимание при принятии решений о развертывании таких систем в регионах должно уделяться вопросам организации должного взаимодействия служб обеспечения безопасности, унификации оборудования, стандартизации интерфейсов, построению унифицированных 3D моделей зданий и сооружений, отражающих реальную действительность, их привязку к координатам на местности с применением современных геоинформационных технологий. Следует также учитывать важность подготовки персонала предприятий для решения задач управления проектами и ИНТЕГРАЦИИ оборудования и программных средств систем безопасности от различных разработчиков, поставщиков ИКТ- решений, организации подготовки специалистов по эксплуатации, техническому обслуживанию и сопровождению систем, включая специальную подготовку основного персонала предприятий, обязанных соблюдать установленные регламенты, правила и нормы безопасности.



Практическое решение проблем стандартизации, сертификации обеспечения качества и эффективности распределенных систем мониторинга в регионах сегодня и, в перспективе, остро востребовано, а в связи с решениями о вступлении России в ВТО, будет еще более востребованным и потребует гармонизации с международными стандартами, в том числе для обеспечения конкурентоспособности отечественной продукции на рынке ИКТ и индустрии средств безопасности.

Литература

1. Прохоров С.А., Федосеев А.А., Денисов В.Ф., Иващенко А.В. Методы и средства проектирования профилей интегрированных систем обеспечения комплексной безопасности предприятий наукоемкого машиностроения // Самара: Самарский научный центр РАН, 2009 – 199 с.
2. Куделькин В.А., Денисов В.Ф. Модели и инструментальные средства мониторинга состояния комплексной безопасности стратегических объектов и территорий // журнал «Мониторинг. Наука и безопасность». – М., 2012.– №2(6). – с. 16 – 24
3. Куделькин В.А., Денисов В.Ф. Архитектура и проблемы стандартизации интегрированных интеллектуальных систем мониторинга и обеспечения комплексной безопасности стратегических объектов государства и общества // Сборник трудов III Международной конференции «ИТ-стандарт-2012». – М.: МИРЭА, группа «ИТ-стандарт», 2012. – с. 131 – 140, электронный ресурс: WWW.itstandard.ru

Е.Ю. Курапов

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ДВУХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ОРБИТЕ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Неотъемлемой частью исследования космического пространства являются проводимые там научно-исследовательские эксперименты. Проведение экспериментов на орбите невозможно без изучения относительного движения космических аппаратов (КА) на орбите. В частности, одним из экспериментов на орбите, для которого требуется изучение относительного движения, является эксперимент по доставке на Землю полезного груза с помощью тросовой системы.

Тросовая система представляет собой комплекс искусственных космических объектов (космических аппаратов) соединенных длинными тонкими гибкими элементами (тросами). В работе рассматривается искусственный спутник Земли с прикрепленным к нему на тросе малым космическим аппаратом (спус-



каемой капсулой). Такая система предназначена для доставки полезного груза в заданный район земной поверхности. Для планирования спусков и подбора параметров, необходимых для достижения заданной точности, применяется математическое моделирование, которое позволяет с допустимой погрешностью рассчитать траекторию движения и значения характеристик относительного движения тел, входящих в тросовую систему, на орбите.

Целью данной работы является построение математической модели и анализ относительного движения двух КА на орбите.

Для достижения заданной цели производится построение математической модели относительного пространственного движения двух КА в неподвижной геоцентрической инерциальной системе координат, разрабатывается алгоритм и программа численного интегрирования построенной системы обыкновенных дифференциальных уравнений, проводится анализ относительного движения двух КА, соединенных упругой односторонней связью, различных программ развертывания тросовой системы и влияния условий отделения на реализацию программ развертывания.

Моделирование проводится с помощью специально разработанного программного комплекса, ориентированного на решение конкретной задачи моделирования, включающего настройку начальных параметров моделирования и графического отображение результатов вычислений.

Наиболее общей формой описания движения КА и процесса развертывания троса является система обыкновенных дифференциальных уравнений (ДУ). В описании процесса развертывания троса учитывается управляющая сила, зависящая от выбранной программы развертывания. Управляющая сила является функцией многих переменных и обычно зависит от времени, текущей и конечной длин троса, скорости развертывания и, возможно, других параметров.

Для решения полученной системы ДУ необходимо получить вектор начальных условий. Для этого необходимо осуществить пересчет начальных координат и скоростей с учетом взаимного расположения космических аппаратов, их масс и скорости отделения малого КА.

Для интегрирования полученной системы в работе используется метод Рунге-Кутты четвертого порядка точности. Для повышения скорости расчетов используется алгоритм с переменным шагом интегрирования.

Для проверки математической модели, был проведен ряд вычислений для свободного развертывания, то есть для тех случаев, когда между КА отсутствует упругая связь. Были построены графики траекторий движения центра масс системы и движения малого КА относительно основного КА. Полученные траектория относительного движения малого КА при разных углах отделения идентичны траекториям, полученным по известному аналитическому решению.

Существующие в настоящее время законы управления развертывания подразделяются на кинематические и динамические. Динамические законы имеют ряд преимуществ. В качестве примера были рассмотрены два динамических закона изменения натяжения. Близкий к равномерному и близкий к экспо-



ненциальному. Движение по первому закону носит колебательный характер, близкий к равномерному. Второй закон имеет ряд недостатков, делающих его труднореализуемым.

Спуск на Землю привязной капсулы проводится в 3 этапа. Основной задачей на первом этапе является безопасный отвод капсулы от КА на некоторое удаление.

За основу разворачивания для первого участка положен закон, рассмотренный Белецким В.В. [1] Для того, чтобы стабилизировать трос в окрестности линии местной вертикали, малый КА сначала должен пересечь эту линию, а затем вернуться. Таким образом, возникает участок, на котором расстояние между КА уменьшается, что может вызвать провисание троса. Для исключения этого нежелательного явления используется модифицированный закон, полученный в диссертации Наумовым С.А.[2]. Этот закон зависит от трех параметров, которые можно подобрать так, чтобы не было провисания троса.

Основное влияние на процесс разворачивания на начальном этапе оказывает величина начальной скорости отталкивания малого КА. В случае недостаточной начальной скорости может произойти неконтролируемый сход троса и, как результат, потеря управления процессом разворачивания. Слишком большая величина скорости может привести к нештатной ситуации.

Моделирование показывает, что при существенном увеличении начальной скорости, траектория представляет собой петлю, то есть провисание троса неизбежно.

Также существует вероятность отстрела с некоторым отклонением от вертикальной ориентации и выходом из плоскости орбиты. Моделирование показывает, что выбранная программа разворачивания достаточно устойчива к отклонению направления отстрела от вертикали в плоскости орбиты. Как показало моделирование, программа разворачивания применима при отклонении от вертикали на угол не более 30° по направлению движения и не более 57° против направления движения. При дальнейшем увеличении углов отклонения происходит образование петли, что приводит к необходимости сматывания троса, а это, при использовании механизмов разворачивания, работающих только на торможение, не допустимо.

Отдельного внимания заслуживает случай пространственного движения, когда происходит отклонение от плоскости начальной орбиты. В данном случае программа разворачивания проявляет устойчивость к малым углам отклонения. То есть разворачивание завершается на заданной длине троса, и малый КА выходит в окрестность местной вертикали при угле отклонения от плоскости орбиты не более 10° . Но при этом происходит нежелательное линейное смещение линии вертикали.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Сравнение результатов моделирования, полученных по разработанной программе, с результатами известного аналитического решения уравнений относительного движения двух КА показало, что траектории относительного движения совпадают.



2. Алгоритм численного интегрирования обеспечивает расчет относительного движения двух КА с погрешностью, не превышающей 0,007м/с по скорости и 4м по относительным координатам КА.

3. Выбранная программа развертывания проявляет значительную устойчивость относительно вариаций значений параметров отделения малого КА. Моделирование показало, что развертывание успешно завершается при отклонении от вертикали на угол не более 30° по направлению движения и не более 57° против направления движения.

4. Выбранная программа развертывания также применима при незначительных отклонениях от плоскости орбиты. Так моделирование пространственного движения показало, что развертывание успешно завершает при угле отклонения не более 10° . Но при этом на каждый градус угла отклонения приходится около 0,3км смещения относительно линии вертикали.

Литература

1. Белецкий В.В., Левин Е.М. Динамика космических тросовых систем. – М.: Наука, 1990. – 336 с.
2. Наумов С.А. Управление развёртыванием орбитальной тросовой системы для спуска малой капсулы: дис. канд. техн. наук/ Самара, 2006. – 93 с.

Д.В.Сергиенко

СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ПРИ ВХОДЕ В АТМОСФЕРУ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Целью работы является статистическое моделирование и анализ законов распределения характеристик движения космического аппарата (КА), близкого к телу вращения, при входе в атмосферу. Особенностью работы является рассмотрение КА с малой асимметрией, закрученных вокруг продольной оси.

Рассматривается методика приближения плотностей вероятностей для основных контролируемых характеристик вращательного движения КА в характерных точках траектории спуска:

1. В момент ввода парашютной системы ($H = 8$ км).
2. В момент прохождения максимального скоростного напора.
3. В момент прохождения максимального удельного теплового потока.

Учитываются следующие случайные возмущения:

1. Возмущения, связанные с неточностью знания начальных условий движения КА.
2. Возмущения, характеризующие окружающую среду.
3. Возмущения, связанные с неточностью знания аэродинамических характеристик КА.



4. Возмущения, связанные с неточностью знания массово-инерционных характеристик КА.

Обработка статистических данных проводится для следующих контролируемых характеристик движения КА:

1. Угол атаки.
2. Максимальный угол атаки.
3. Модуль угловой скорости.

Движение центра масс КА описывается уравнениями, записанными в скоростной системе координат [1]:

$$\begin{aligned}m \cdot \frac{dV}{dt} &= C_{xa} \cdot q \cdot S - m \cdot g \cdot \sin \theta, \\V \cdot \frac{d\theta}{dt} &= -g \cdot \cos \theta + \frac{V^2}{R_3 + H} \cdot \cos \theta, \\ \frac{dH}{dt} &= V \cdot \sin \theta, \\ \frac{dL_{np}}{dt} &= \frac{R_3}{R_3 + H} \cdot V \cdot \cos \theta,\end{aligned}$$

где m – масса КА, g – ускорение свободного падения, V – скорость центра масс аппарата, $q = 0.5 \cdot \rho_\alpha \cdot V^2$ – скоростной напор, ρ_α – плотность атмосферы, θ – угол наклона траектории, R_3 – средний радиус Земли, L_{np} – продольная дальность полета, C_{xa} – коэффициент лобового сопротивления, S – характерная площадь КА.

Вращательное движение КА описывается кинематическими и динамическими уравнениями Эйлера [2]:

$$\begin{aligned}\frac{d\alpha}{dt} &= \omega_z \cdot \cos \varphi + \omega_y \cdot \sin \varphi, \\ \frac{d\gamma}{dt} &= -\frac{1}{\sin \alpha} (\omega_y \cdot \cos \varphi - \omega_z \cdot \sin \varphi), \\ \frac{d\varphi}{dt} \omega_x - \frac{d\gamma}{dt} \cos \alpha, \\ \frac{d\omega_x}{dt} \frac{M_x}{I_x} + \frac{I_y - I_z}{I_z} \cdot \omega_y \cdot \omega_z, \\ \frac{d\omega_y}{dt} \frac{M_y}{I_y} + \frac{I_z - I_x}{I_z} \cdot \omega_x \cdot \omega_z, \\ \frac{d\omega_z}{dt} \frac{M_z}{I_z} + \frac{I_x - I_y}{I_z} \cdot \omega_y \cdot \omega_x\end{aligned}$$

где α, γ, φ – углы Эйлера, I_x, I_y, I_z – моменты инерции КА, $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ – угловые скорости вращения КА, M_x, M_y, M_z – аэродинамические моменты.



В работе использовались следующие алгоритмы :

1. Для статистического анализа - метод статистических испытаний.
2. Для численного моделирования - метод Рунге-Кутты четвёртого порядка точности с переменным шагом.
3. Для аппроксимации плотностей распределения - метод наименьших квадратов для стандартного степенного полинома и ряды Фурье.

В качестве гипотез о законе распределения выборок, полученных в результате численного эксперимента, использовались следующие стандартные законы распределения:

1. Нормальный закон.
2. Распределение Рэлея.
3. Закон косинуса.
4. Гамма-распределение.
5. Распределение Максвелла.
6. Распределение Лапласа.

При проверке гипотез использовались два критерия согласия:

1. Критерий Колмогорова-Смирнова.
2. Критерий хи-квадрат (Пирсона).

Используется уровень значимости 0.05.

На рисунках 1-3 приведены результаты некоторых экспериментов.

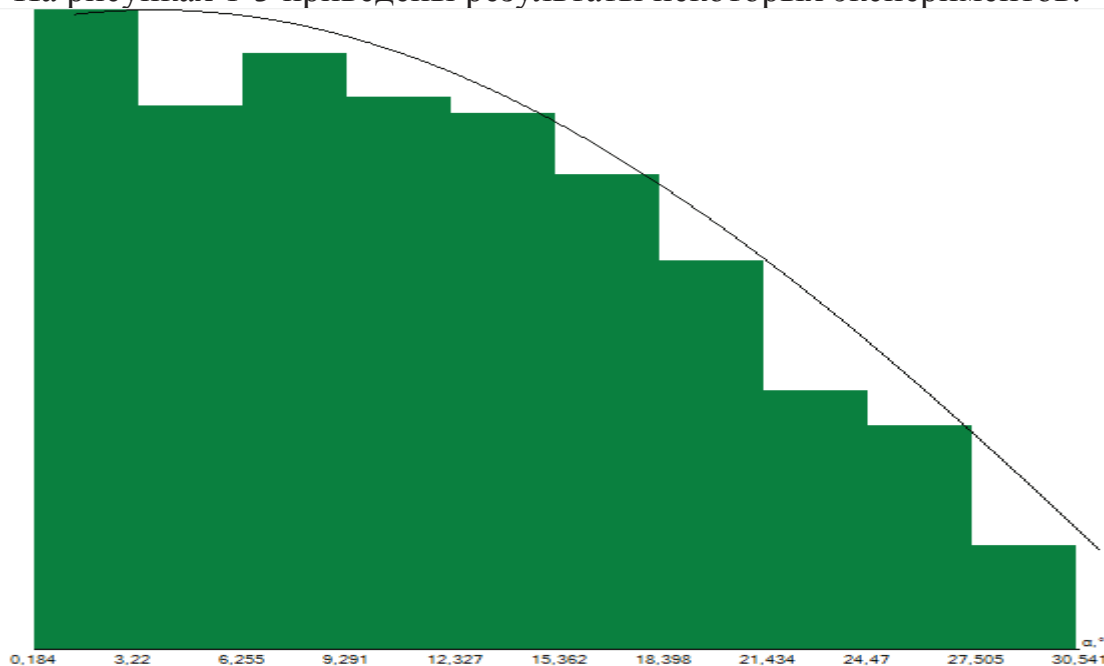


Рис. 1. Гистограмма и наиболее близкий теоретический закон распределения для угла атаки α в точке максимального теплового потока (закон косинуса)

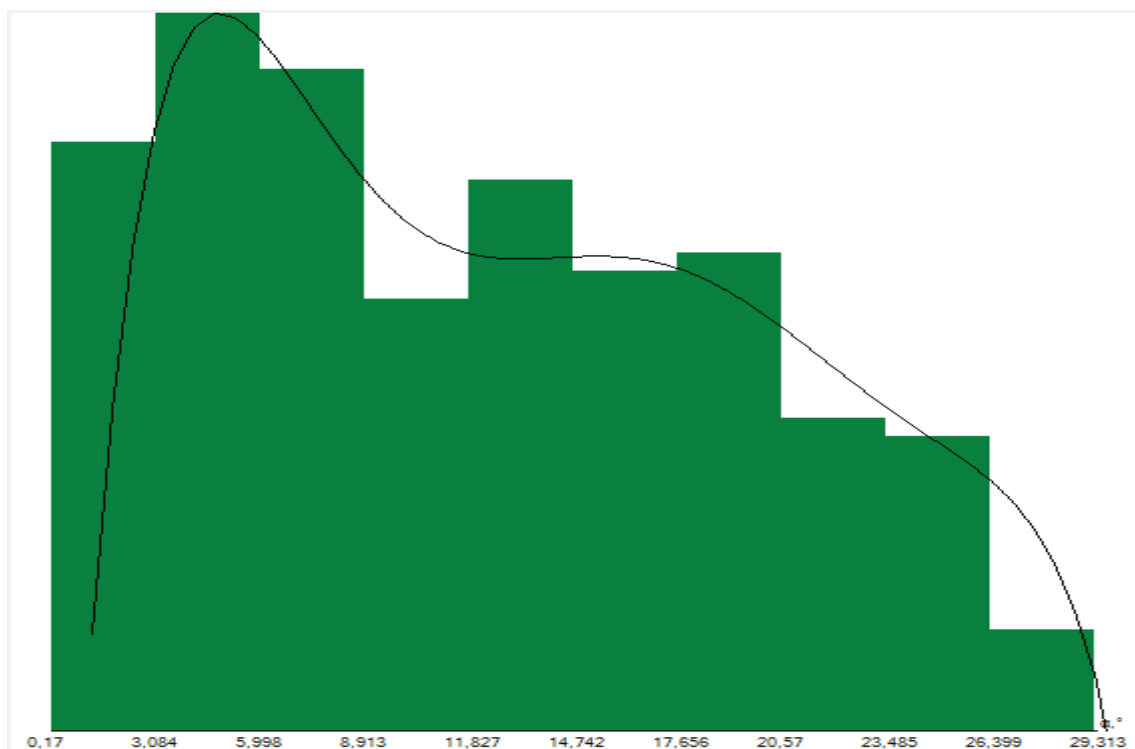


Рис. 2. Гистограмма и наиболее близкое степенное приближение $Q_n(x)$ по методу наименьших квадратов для угла атаки α в точке максимального скоростного потока ($n = 6$)

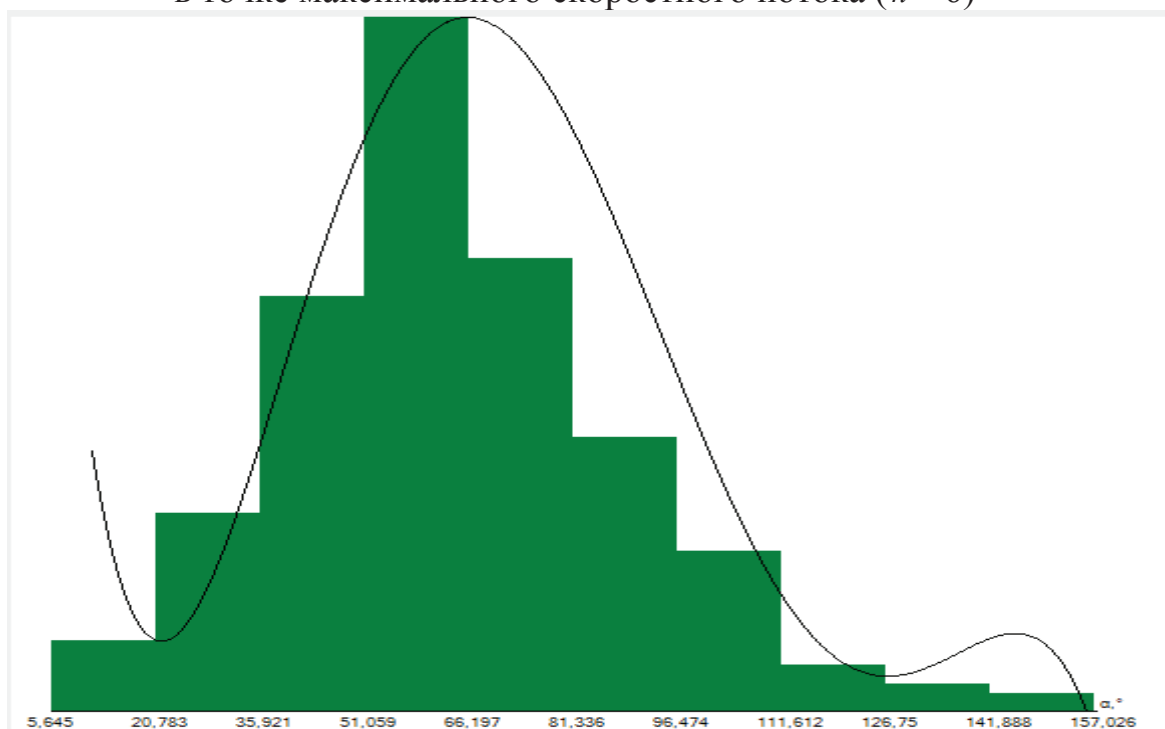


Рис. 3. Гистограмма и наиболее близкое степенное приближение $Q_n(x)$ по методу наименьших квадратов для угла атаки α в точке максимального теплового потока при наличии асимметрии КА ($n = 5$)

Результаты и выводы:

1. На полученные результаты статистического моделирования наибольшее влияние оказывают массово-инерционная асимметрия КА и неточность



знания начальных условий движения КА, а наименьшее влияние – случайные вариации аэродинамических характеристик и плотности атмосферы.

2. Лучшие приближения для плотностей вероятности контролируемых характеристик движения КА получаются с помощью классического метода наименьших квадратов.

3. Начальная закрутка КА существенно сужает размах выборки и приводит к большому отличию эмпирического закона распределения угла атаки КА от нормального закона.

4. При увеличении асимметрии КА до 10%, движение аппарата становится неустойчивым.

5. Существует возможность формирования законов распределения угла атаки на условной границе атмосферы с целью обеспечения меньших углов атаки в плотных слоях атмосферы путем изменения ориентации КА при его отделении от базового КА или космической станции.

Литература

1. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н., Богодистов С.С. Внешняя баллистика. – М.: Машиностроение, 1991. – 640 с.

2. Ярошевский В.А. Движение неуправляемого тела в атмосфере. – М.: Машиностроение, 1978. – 166 с.

О.П. Солдатова, Н.А. Варжева

ПРИМЕНЕНИЕ РЕКУРРЕНТНОЙ СЕТИ ХЕММИНГА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ ЦИФР НА СЕМИСЕГМЕНТНОМ ИНДИКАТОРЕ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Под нейронными сетями подразумеваются вычислительные структуры, которые моделируют простые биологические процессы, обычно ассоциируемые с процессами человеческого мозга. Они представляют собой распределенные и параллельные системы, способные к адаптивному обучению путем анализа положительных и отрицательных воздействий. Элементарным преобразователем в данных сетях является искусственный нейрон [1].

Рекуррентные сети – сети с обратной связью между различными слоями нейронов. Главная особенность таких сетей – динамическая зависимость на каждом этапе функционирования. Изменение состояния одного нейрона отражается на всей сети вследствие обратной связи типа «один ко многим». В сети возникает переходный процесс, который завершается формированием нового устойчивого состояния, отличающегося в общем случае от предыдущего.

Из сетей с подобной логикой работы наиболее известны сеть Хопфилда и сеть Хемминга, которые обычно используются для организации ассоциативной памяти. Главная задача ассоциативной памяти сводится к запоминанию входных обучающих выборок таким образом, чтобы при представлении новой вы-



борки система могла сгенерировать ответ, – какая из запомненных ранее выборок наиболее близка к вновь поступившему образцу.

Сеть Хемминга – это трехслойная рекуррентная структура, которая была предложена Р. Липпманом. Основная идея функционирования сети состоит в минимизации расстояния Хемминга между тестовым вектором, подаваемым на вход сети, и векторами обучающих выборок, закодированными в структуре сети. Обобщенная структура сети Хемминга представлена на рисунке 1.

В процессе функционирования сети можно выделить три фазы. В первой из них на вход подается N -элементный вектор x . После предъявления этого вектора на выходах нейронов первого слоя генерируются сигналы, задающие начальные состояния нейронов второго слоя [1].

Во второй фазе инициировавшие MAXNET сигналы удаляются, и из сформированного ими начального состояния запускается итерационный процесс. Итерационный процесс завершается в момент, когда все нейроны, кроме нейрона-победителя с выходным сигналом, не равным 0, перейдут в нулевое состояние. Нейрон-победитель становится представителем класса данных, к которому принадлежит входной вектор.

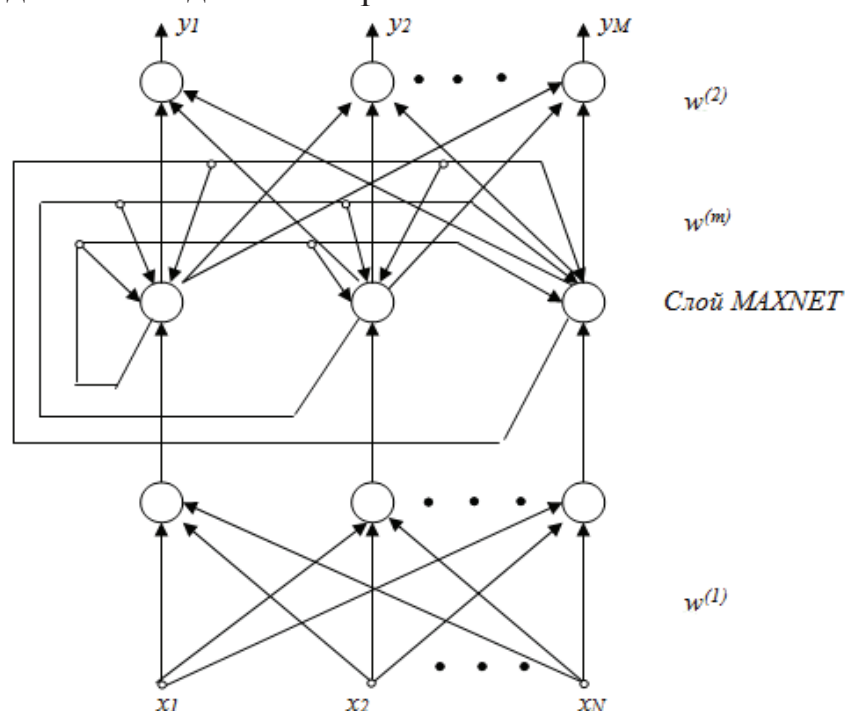


Рис. 1. Обобщенная структура сети Хемминга

В третьей фазе этот нейрон посредством весов, связывающих его с нейронами выходного слоя, формирует на выходе сети отклик в виде вектора y , соответствующего возбуждающему вектору x , где x и y биполярные векторы сети со значениями элементов ± 1 . Входные узлы сети принимают значения, задаваемые аналогичными компонентами вектора x . Нейроны первого слоя рассчитывают расстояние Хемминга между входным вектором x и каждым из p закодированных векторов-образцов $x^{(i)}$, образуя веса нейронов первого слоя. Нейроны в слое MAXNET выбирают вектор с наименьшим расстоянием Хемминга, определяя, таким образом, класс, к которому принадлежит предъявлен-



ный входной вектор x . Веса нейронов выходного слоя формируют вектор, соответствующий предъявленному входному вектору. При p нейронах первого слоя, емкость запоминающего устройства Хемминга также равна p , так как каждый нейрон представляет единственный класс.

Нейроны различных слоев сети Хемминга функционируют по-разному. Нейроны первого слоя рассчитывают расстояния Хемминга между поданными на вход сети вектором x и векторами весов $w^{(t)} = x^{(t)}$ отдельных нейронов этого слоя. Значения выходных сигналов этих нейронов определяются по формуле:

$$\hat{y}_i = 1 - \frac{d_H(x^{(t)}, x)}{N} \quad (1)$$

где $d_H(x^{(t)}, x)$ обозначает расстояние Хемминга между входными векторами $x^{(t)}$ и x , то есть число битов, на которое различаются эти два вектора. Значение $\hat{y}_i = 1$, если $x = x^{(t)}$, и $\hat{y}_i = 0$, если $x = -x^{(t)}$. В остальных случаях значения $\hat{y}_i$ лежат в интервале $[0, 1]$. Расстояние Хемминга для биполярных (± 1) значений векторов рассчитывается по формуле:

$$d_H(y, d) = \frac{1}{2} \left[N - \sum_{i=1}^N y_i d_i \right] \quad (2)$$

где $y = [y_1, y_2, \dots, y_N]^T$ и $d = [d_1, d_2, \dots, d_N]^T$.

Сигналы $\hat{y}_i$ нейронов первого слоя становятся начальными состояниями нейронов слоя MAXNET на второй фазе функционирования сети. Задача нейронов этого слоя состоит в определении победителя, то есть нейрона, у которого выходной сигнал наиболее близок к 1. Процесс определения победителя выполняется согласно формуле:

$$y_l(t) = f \left(\sum_s w_{ls}^{(m)} y_s(t-1) \right) = f \left(y_l(t-1) + \sum_{s \neq l} w_{ls}^{(m)} y_s(t-1) \right) \quad (3)$$

при начальном значении $y_s(0) = \hat{y}_i$. Функция активации $f(y)$ нейронов слоя MAXNET задается выражением:

$$f(y) = \begin{cases} y & \text{для } y \geq 0 \\ 0 & \text{для } y < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Итерационный процесс (3) завершается в момент, когда состояние нейронов стабилизируется, и активность продолжает проявлять только один нейрон, тогда как остальные пребывают в нулевом состоянии. Активный нейрон становится победителем и через веса $w_{is}^{(2)}$ ($s = 1, 2, \dots, N$) линейных нейронов выходного слоя представляет вектор $y^{(t)}$, который соответствует вектору $x^{(t)}$, признанному слоем MAXNET в качестве ближайшего к входному вектору x .

Авторами разработан модуль для нейроимитатора «Нейрокомбайн», предназначенный для построения рекуррентной сети Хемминга.

Для проверки работоспособности сети использована выборка, в которой в качестве входных векторов выступают представления цифр 0..F в коде для семисегментного индикатора, представленные на рисунке 2, а итоговым значением является единица на выходе соответствующего цифре нейрона.

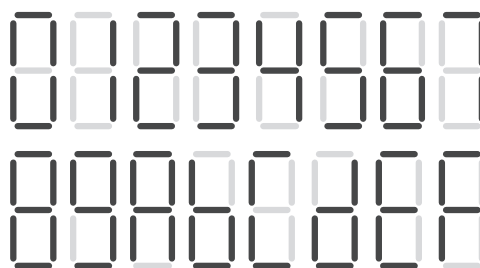


Рис. 2. Цифры 0..7 в представлении для семисегментного индикатора

Для тестирования подадим на вход сети зашумленную выборку – один из горящих сегментов при отображении цифры будет «битым». Такой способ является наиболее приближенным к реальности, но у него есть нюанс – при выключении определенных сегментов из отображения одной цифры может получиться отображение другой цифры. Например, для цифры 8 в случае различных выключенных сегментов может получиться 0, 6, 9, А. Данный пример проиллюстрирован на рисунке 3.

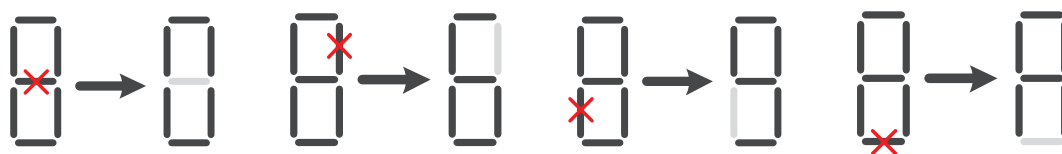


Рис. 3. Пример неправильного отображения цифр

Также могут возникать случаи коллизий – когда при выключении сегмента из двух различных цифр получается одинаковое изображение. Пример коллизий представлен на рисунке 4.

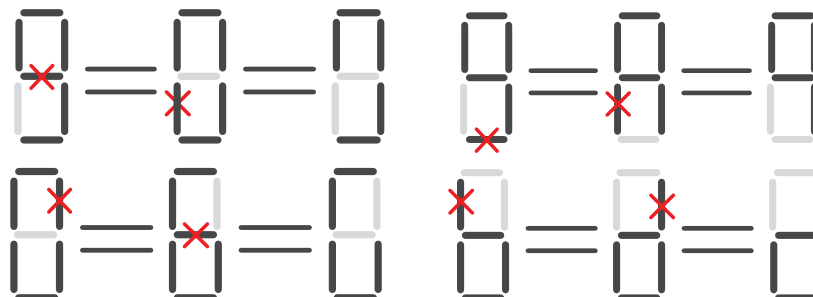


Рис. 4. Примеры коллизий

Параметры сети для данной задачи жестко заданы следующим образом: число входных нейронов – 7, число выходных нейронов – 16, количество нейронов в скрытом слое – 16. При данной структуре сети значение СКО погрешности составляет 0,467, а значение средней приведенной погрешности – 5,45%. Для данной выборки это является хорошим результатом.

Литература

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



О.П. Солдатова, Я.А. Ледаков

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ РЕКУРРЕНТНОЙ СЕТЬЮ ЭЛЬМАНА

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Нейронные сети – это раздел искусственного интеллекта, в котором для обработки сигналов используются явления, аналогичные происходящим в нейронах живых существ [1].

Отдельную группу нейронных сетей составляют сети с обратной связью между различными слоями нейронов. Это так называемые рекуррентные сети. Их общая черта состоит в передаче сигналов с выходного либо скрытого слоя во входной слой.

Главная особенность таких сетей – динамическая зависимость на каждом этапе функционирования. Изменение состояния одного нейрона отражается на всей сети вследствие обратной связи типа «один ко многим». В сети возникает переходный процесс, который завершается формированием нового устойчивого состояния, отличающегося в общем случае от предыдущего.

Рекуррентная сеть Эльмана представляет собой развитие сетей персептронного типа за счет добавления в них обратных связей. Сеть Эльмана характеризуется частичной рекуррентностью в форме обратной связи между входным и скрытым слоем, реализуемой с помощью единичных элементов запаздывания z^{-1} . Обобщенная структура этой сети представлена на рисунке 1 [2].

Каждый скрытый нейрон имеет свой аналог в контекстном слое, образующем совместно с внешними входами сети входной слой. Выходной слой состоит из нейронов, односторонне связанных только с нейронами скрытого слоя.

Алгоритм обучения сети Эльмана можно представить в следующем виде:

1. Присвоить весам случайные начальные значения, имеющие, как правило, равномерное распределение в определенном интервале (например, между -1 и 1).
2. Для очередного момента t ($t = 0, 1, 2, \dots$) определить состояние всех нейронов сети (сигналы v_l и y_l). На этой основе можно сформировать входной вектор $x(t)$ для произвольного момента t .
3. Определить вектор погрешности обучения $e(t)$ для нейронов выходного слоя как разность между фактическим и ожидаемым значениями сигналов выходных нейронов.
4. Сформировать вектор градиента целевой функции относительно весов выходного и скрытого слоя.
5. Уточнить значения весов сети согласно правилам метода наискорейшего спуска.



6. После уточнения значений весов перейти к пункту 2 алгоритма для расчета в очередной момент времени t .

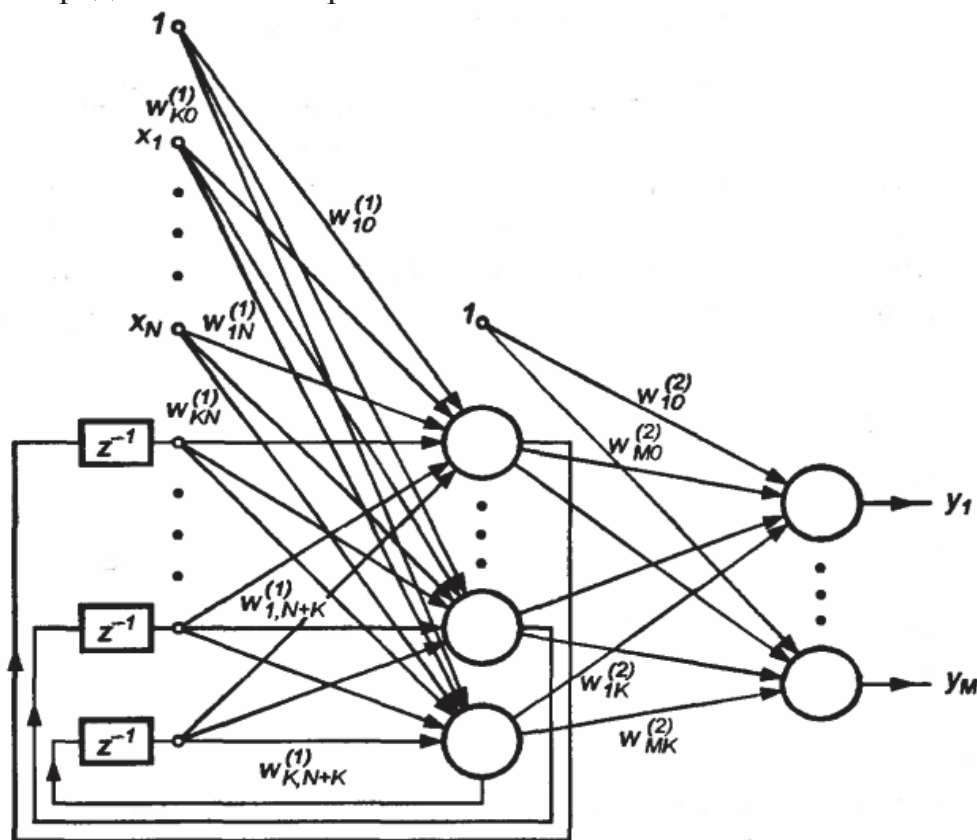


Рис. 1. Обобщенная структура сети Эльмана

Авторами разработан модуль для нейроимитатора «Нейрокомбайн», предназначенный для построения рекуррентной сети Эльмана. Для исследования эффективности решения задачи классификации была выбрана стандартная задача классификации вин. Набор данных представляет собой результаты химического анализа вин из винограда, выращенного в одном регионе, но принадлежащего к трем различным сортам. В ходе анализа выделено процентное содержание 13 составляющих вин, присутствующих в каждом из трех сортов. Задача – определить принадлежность вина с заданными характеристиками к одному из трех сортов. Общий объем данных – 178 образцов. Из них на 142 образцах проводилось обучение, а оставшиеся 36 использовались для тестирования сети.

В ходе экспериментальных исследований были определена зависимость среднеквадратического отклонения и средней приведенной погрешности от функции активации скрытого и выходного слоев при следующих параметрах сети: число нейронов во входном слое – 13, число нейронов в скрытом слое – 3, число нейронов в выходном слое – 1, число итераций обучения – 5000. Результаты исследования представлены в таблицах 1 и 2.



Таблица 1. Зависимость СКО погрешности
от функции активации скрытого и выходного слоев

Скр. \ Вых.	Сигмоидальная	Логистическая	Ф. Гаусса	Синусоидальная
Сигмоидальная	0,103	0,126	0,142	0,137
Логистическая	0,097	0,121	0,075	0,114
Ф. Гаусса	0,113	0,107	0,102	0,086
Синусоидальная	0,105	0,125	0,087	0,116

Таблица 2. Зависимость средней приведенной погрешности
от функции активации скрытого и выходного слоев

Скр. \ Вых.	Сигмоидальная	Логистическая	Ф. Гаусса	Синусоидальная
Сигмоидальная	11,78	14,05	16,38	15,37
Логистическая	10,78	14,44	7,85	13,90
Ф. Гаусса	13,35	13,74	11,09	07,54
Синусоидальная	12,51	15,22	9,30	13,84

Дальнейшее исследование проведено при следующих параметрах сети: число нейронов во входном слое – 13, число нейронов в выходном слое – 1, количество итераций обучения – 5000, функция активации для скрытого и выходного слоев - сигмоидальная. Результаты исследования представлены в таблице 3.

Таблица 3. Зависимость значений функции ошибки, СКО погрешности
и средней приведенной погрешности от количества нейронов в скрытом слое

Количество нейронов в скрытом слое	Значение функции ошибки	СКО погрешности	Средняя приведен- ная погрешность
2	0,203	0,106	12,09%
3	0,229	0,113	12,75%
4	0,194	0,104	11,00%
5	0,259	0,120	12,95%
6	0,157	0,093	10,88%
7	0,136	0,087	08,14%
8	0,244	0,116	12,60%

На рисунке 2 представлены примеры тестирования на основе сетей с разными функциями активации.

Исходя из представленных данных, можно сделать вывод о том, что погрешность работы сети нелинейно зависит от количества нейронов в скрытом слое, и наблюдается тенденция уменьшения ошибки при увеличении количества нейронов скрытого слоя.

Так же стоит отметить хорошие результаты работы сети при использовании сочетания синусоидальной и гауссовой функций активации, а так же при использовании логистической функции активации скрытого слоя и гауссовой функции активации выходного слоя.

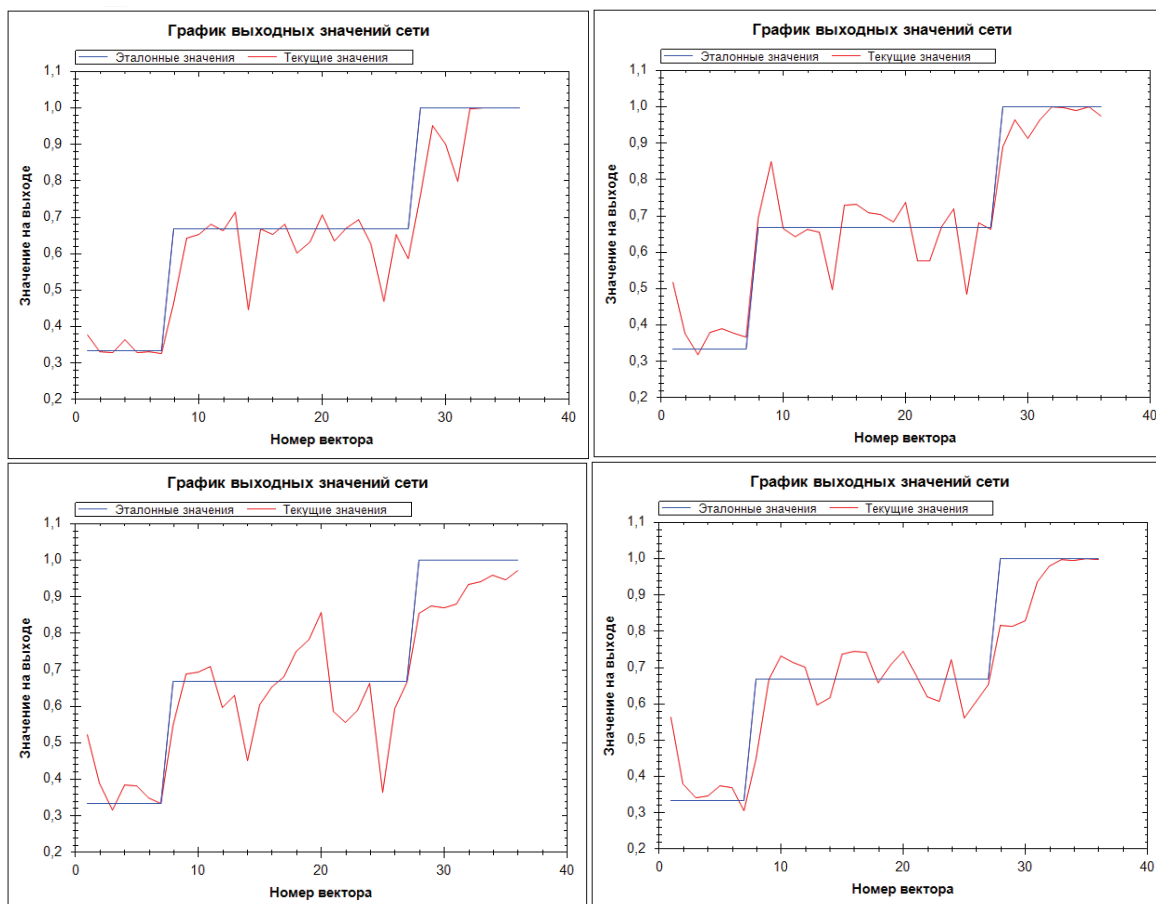


Рис. 2. Пример работы сетей с разными функциями активации

Литература

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. – М.: Вильямс, 2006.- 1104 с.
2. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.

О.П. Солдатова, А.Ю. Разинов

ПРИМЕНЕНИЕ ЭВОЛЮЦИОННЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

В рамках данного доклада рассматривается эволюционный подход для генерации оптимальной структуры нейросети в процессе обучения. Эволюционные принципы используются при решении различных вычислительных задач, таких как задачи оптимизации и моделирования. Выделяют следующие основные виды эволюционных алгоритмов: генетические алгоритмы; эволюционное программирование; эволюционные стратегии; генетическое программирование [1]. В докладе представлены несколько реализаций эволюционных методов, являющихся частным случаем генетического алгоритма, примененных для



модификации существующих алгоритмов обучения нейронных сетей с целью генерации оптимальной для данной задачи структуры сети.

Для обучения нейронных сетей применяются алгоритмы обучения с учителем или без учителя. Большинство из применяемых алгоритмов обучения являются итерационными, и обучение нейросетей сводится к следующим этапам:

1. Генерация начального приближения параметров сети.
2. Подача на вход сети обучающего примера и расчёт выходных значений сети.
3. Расчёт функции ошибки и сравнение её с заданным порогом.
4. Если порог ошибки или предельное число итераций не достигнуто, то корректировка параметров сети.
5. Иначе – завершение обучения.

Алгоритм обучения предполагает убывающее значение нахождения глобального минимума функции ошибки. Если обучение не привело к желаемому результату, обучение проводится заново с измененными параметрами обучения.

При реализации классических алгоритмов обучения нейронных сетей типичными проблемами являются:

1. Преждевременное схождение в локальный оптимум.
2. Выбор коэффициента обучения.
3. Определение оптимальных параметров сети.

Все эти проблемы можно решить с помощью эволюционных методов. Проблема преждевременного схождения решается благодаря учету перспективности решения. Проблема выбора коэффициента обучения решается автоматической подстройкой коэффициента для каждого решения на каждой итерации эволюционного алгоритма.

Эволюционное моделирование или эволюционное вычисление (evolutionary computation) — класс методов поиска решений и глобальной оптимизации, основанный на итеративной адаптации под заданные условия, такие как ограничения и целевые функции. Эволюционные вычисления делятся на две независимые категории – эволюционные алгоритмы и «роевой интеллект». В основе эволюционного моделирования лежат реальные биологические эволюционные процессы — поведение популяции или сообществ животных в эволюционных алгоритмах или поведения одного сообщества живых организмов или группы неодушевленных предметов в методах роевого интеллекта. Эволюционное моделирование используется как средство глобальной оптимизации, подбора параметров алгоритмов, автоматического проектирования.

Обычно эволюционные методы используются как самостоятельные методы оптимизации. Существует отдельный термин для эволюционных методов, примененных для оптимизации структуры нейросетей – нейроэволюция [2]. При нейроэволюции эволюционным алгоритмом подбираются веса связей между нейронами или другие параметры нейросети. В данном докладе рассматривается эволюционный алгоритм, примененный для обучения нейронных сетей, который не является самостоятельным методом оптимизации и не связан с тер-



мином нейроэволюция. Эволюционный алгоритм здесь является средством улучшения работы классического метода обучения. Основная особенность описываемого метода – это простота реализации при достаточно заметном улучшении работы классического алгоритма. Данный метод не описан в литературе, однако является наследником классического генетического метода.

Данный алгоритм очень похож на классический алгоритм обучения нейросети. Он состоит из следующих шагов:

1. Генерация начального приближения параметров N сетей. ($N > 1$)
2. Обучение каждой сети по классическому алгоритму в течение P итераций.
3. Отбор M лучших нейросетей на основе целевой функции, отбрасывание худших ($N-M$), копирование лучших нейросетей на место худших. ($M < N$)
4. Если порог ошибки лучшей нейросети или предельное число итераций не достигнуто, случайно изменить коэффициент обучения и численные параметры каждой нейросети, повторить алгоритм с шага 2.
5. Иначе – завершение обучения.

Суть данного алгоритма – отбрасывание худших решений в процессе обучения. Данный алгоритм автоматически подбирает коэффициент обучения, причем, решения с неподходящим коэффициентом обучения отбрасываются на этапе отбора. Алгоритм имеет возможность выхода из локального оптимума благодаря случайному поиску и возможности изменять направление поиска.

На практике данный алгоритм при увеличении времени вычисления пропорционально количеству нейросетей в группе не дает существенного преимущества в силу ряда недостатков: перспективные решения, не являющиеся лучшими в группе на текущей итерации отбора могут быть отброшены в пользу лучших в данный момент, но неперспективных в будущем. Также в связи с этим затруднен выход из локального оптимума. Таким образом, недостатки алгоритма сводятся к тому, что не учитывается перспективность решений.

Развивая представленный метод поиска, можно получить эволюционный алгоритм с учетом перспективы. Практика показала, что такой подход оправдывает дополнительные расходы времени, в отличие от изложенного ранее простого эволюционного алгоритма, и позволяет получать решения более близкие к глобальному оптимуму. Именно этому методу посвящен доклад. При обучении нейросетей метод способен выделить наиболее перспективные варианты решений и отсеять решения, которые в ближайшем будущем могут привести к тупиковой ситуации.

Суть данного метода заключается в оценке не настоящего состояния решений, а будущего. Будущее оценивается перед каждой операцией отбора и его оценка является целевой функцией описываемого метода оптимизации. Также как и раньше внутри каждой итерации алгоритма каждое решение, то есть каждая нейросеть, развивается, обучается по классическому алгоритму вроде алгоритма обратного распространения ошибки. Нововведение заключается в дальнейшем продолжении обучения по классическому алгоритму, то есть после



точки, являющейся настоящим, моделируется будущее развитие решения. По окончании моделирования высчитывается общее улучшение работы нейросети, как для фазы обычного обучения, так и для моделирования будущего. Улучшение пропорционально уменьшению ошибки нейросети на обучающей выборке. В конце фазы моделирования будущего решение откатывается к точке, являющейся границей первой и второй фазы. То есть моделирование будущего не изменяет решения и используется только для подсчета целевой функции. Если бы изменения не терялись, вторая фаза не была бы моделированием будущего и тупиковые решения не могли бы быть определены.

В результате, имея оценку развития каждого решения на этапе отбора, можно отбросить тупиковые решения до того, как вся группы решений зайдет в тупик. Практика показала эффективность метода. При использовании описанной сравнительно простой надстройки над классическим методом обучения улучшается качество обучения нейросети, то есть достижение заданного значения ошибки в результате обучения за один запуск программы. В представленном алгоритме попадание в тупик предсказывается, перезапуск алгоритма не требуется, так как алгоритм способен выйти из оптимума самостоятельно.

На рисунке 1 представлены графики зависимостей ошибки предсказания радиально-базисной сетью котировок биржевых акций евро-доллар от времени обучения (от 0 до 1000 секунд) при использовании эволюционного метода и градиентного спуска (слева) и при использовании только метода градиентного спуска. Из графика видно, что метод градиентного спуска быстро справился с задачей, однако в перспективе решение, сделанное с помощью эволюционного метода оказалось лучше. В ходе эксперимента установлено двукратное уменьшение ошибки предсказания при использовании эволюционного метода с учетом перспективности.

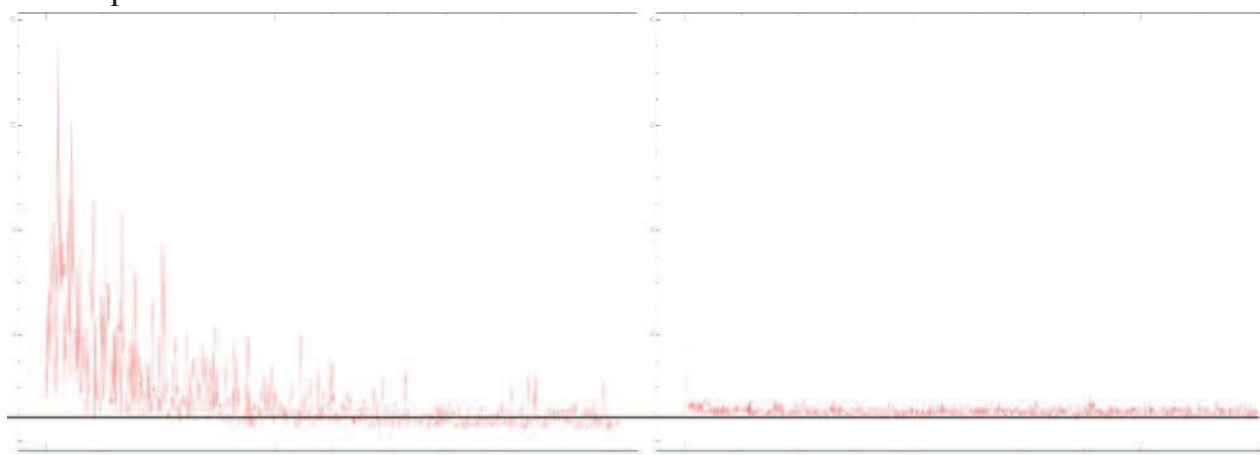


Рис. 1. Графики зависимости ошибки предсказания от времени

Исходные данные эксперимента:

- биржевые данные взяты за 4 года, содержат 39 млн. значений цены акций;
- время обучения – 1000 секунд;
- при вычислении ошибки предсказания использовались 500 случайных отрезков истории курса валют в качестве входных и выходных данных, максимальная величина ошибки – 500, минимальная – 0;



- количество нейронов во входном слое – 10;
- количество нейронов в скрытом слое – 10;
- длина фазы моделирования будущего развития в эволюционном методе – 90% длины всей итерации;
- количество нейросетей в конкурирующей группе – 100.

Литература

1. Цой Ю.Р., Спицын В.Г. Эволюционный подход к настройке и обучению искусственных нейронных сетей // Нейроинформатика, 2006. – том 1. – №1. – с. 35 – 61
2. Gomez F., Miikkulainen R. Learning robust non-linear control with neuroevolution. Technical Report AI01-292. – Department of Computer Sciences, The University of Texas at Austin, 2001. – pp. 1 – 4

О.П. Солдатова, А.Ю. Скобеев

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ РАДИАЛЬНО-БАЗИСНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Прогнозирование – это ключевой момент при принятии решений. Конечная эффективность любого решения зависит от последовательности событий, возникающих уже после принятия решения. Возможность предсказать неуправляемые аспекты этих событий перед принятием решения позволяет сделать наилучший выбор, который, в противном случае, мог бы быть не таким удачным.

Существуют различные подходы к прогнозированию, и выбор конкретного метода зависит от имеющейся информации и свойств исследуемого показателя. Прогнозирование на основе временных рядов осуществляется в тех случаях, когда имеются сведения о значениях показателя и предполагается, что в будущем закон его развития сохранится. Таким образом, прогнозирование фактически сводится к задаче экстраполяции.

Нейронная сеть выступает в качестве универсального аппроксиматора обучающих данных, поэтому применение нейронных сетей для прогнозирования является весьма перспективным. На вход сети подаются известные значения ряда, а на выходе получают прогноз на необходимое число шагов. Основной задачей становится выбор архитектуры нейронной сети и обучение на имеющихся данных.

В настоящее время прогнозирование с помощью нейронных сетей является активно развивающейся, но еще недостаточно распространенной областью. Наиболее популярные программы-нейроимитаторы обладают широкими возможностями и являются достаточно универсальными, но не



приспособлены для задач прогнозирования. Имеющиеся на рынке специализированные программы, напротив, работают по принципу «черного ящика» и обладают ограниченными возможностями для настройки нейронной сети и визуализации результатов. Поэтому существует потребность в программном обеспечении, ориентированном на задачи прогнозирования, но предоставляющем возможность детальной настройки нейронной сети и проведения исследований.

Нейронные сети на основе радиально-базисных функций, с точки зрения математики, выполняют аппроксимацию путем адаптации нескольких одиночных аппроксимирующих функций к ожидаемым значениям, причем эта адаптация проводится только в локальной области многомерного пространства. При таком подходе отображение всего множества данных представляет собой сумму локальных преобразований, а скрытые нейроны составляют множество базисных функций локального типа [1]. В таких нейронных сетях, скрытые нейроны реализуют функции, радиально изменяющиеся вокруг выбранного центра и принимающие ненулевые значения только в окрестности этого центра $\varphi(x) = \varphi(\|x - c\|)$, где x – входной вектор, c – вектор координат центра.

Обособленный класс алгоритмов обучения радиальных сетей составляют градиентные алгоритмы обучения с учителем, в которых используется алгоритм обратного распространения ошибки. Их основу составляет целевая функция, которая для одного обучающего примера имеет вид:

$$E = \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^K w_i \varphi_i(x) - d \right]^2 \quad (1)$$

Предположим, что применяется самая общая форма гауссовой радиальной функции $\varphi_i(x)$, соответствующей гипер радиально-базисной сети, в которой:

$$\varphi(x) = \exp \left[-\frac{1}{2} [Q_i(x - c_i)]^T [Q_i(x - c_i)] \right] \quad (2)$$

а матрица Q_i имеет произвольную структуру.

Подбор значений параметров можно осуществлять, используя градиентные методы оптимизации независимо от объекта обучения – будь то вес или центр. Независимо от выбираемого метода градиентной оптимизации, необходимо, получить вектор градиента целевой функции относительно всех параметров сети. Для этого необходимо решить систему дифференциальных уравнений, представленную формулами (3) [1]:

$$\begin{cases} \frac{\partial E}{\partial Q_{ij}} = 0 \\ \frac{\partial E}{\partial w_i} = 0 \\ \frac{\partial E}{\partial c_i} = 0 \end{cases} \quad (3)$$

Тогда аналитические выражения для частных производных можно записать в более простом виде:



$$\frac{\partial E}{\partial w_0} = y - d \quad (4)$$

$$\frac{\partial E}{\partial w_i} = \exp\left(-\frac{1}{2}u_i\right)(y - d) \quad (5)$$

$$\frac{\partial E}{\partial c_j^{(i)}} = \hat{v}_j^{(i)} = -\exp\left(-\frac{1}{2}u_i\right)w_i(y - d)\sum_{j=1}^N Q_{jr}^{(i)}z_j^{(i)} \quad (6)$$

$$\frac{\partial E}{\partial Q_{jr}^{(i)}} = v_t^{(i)}\hat{z}_t^{(i)} = -\exp\left(-\frac{1}{2}u_i\right)w_i(y - d)(x_j - c_j^{(i)})z_r^{(i)} \quad (7)$$

$$z_r^{(i)} = \sum_{j=1}^N Q_{jr}^{(i)}(x_j - c_j^{(i)}) \quad (8)$$

$$u_i = \sum_{j=1}^N [z_j^{(i)}]^2 \quad (9)$$

i – индекс нейрона скрытого слоя, $i=1,2,...,K$; j, r – индексы компонентов входного вектора $x, j, r=1,2,...,N$; Q_{jr} – элементы матрицы Q .

Экспериментальные исследования разработанной программной модели гиперрадиально-базисной нейронной сети проведены на примере прогнозирования экономических рядов для акций компаний «Газпром», «Сбербанк» и курса рубля по отношению к доллару США при следующих исходных данных: размер обучающей выборки около 800 значений, размер тестирующей выборки около 400 значений.

Результаты исследований зависимости средней относительной погрешности результатов от коэффициента обучения при 7 нейронах в скрытом слое, размере скользящего окна равного 6 и числе эпох обучения равного 100 представлены в таблице 1.

Таблица 1. Зависимость средней относительной погрешности результатов от коэффициента обучения

Коэффициент обучения	Средняя относительная погрешность обучения	Средняя относительная погрешность тестирования
0,01	0,0931	0,0828
0,011	0,0858	0,0814
0,012	0,0678	0,0692
0,013	0,0671	0,0694
0,014	0,0702	0,0712
0,015	0,0768	0,0787
0,016	0,0651	0,0695
0,017	0,0602	0,0628
0,018	0,0632	0,0696
0,019	0,0679	0,0742

Результаты исследований зависимости средней относительной погрешности результатов от размера скользящего окна при 7 нейронах в скрытом слое, коэффициенте обучения равного 0,017 и числе эпох обучения равного 100 представлены в таблице 2.



Таблица 2. Зависимость средней относительной погрешности результатов от размера скользящего окна

Размер скользящего окна	Средняя относительная погрешность обучения	Средняя относительная погрешность тестирования
3	0,0624	0,0239
4	0,0582	0,0293
5	0,0517	0,0324
6	0,0498	0,0455
7	0,0468	0,0501
8	0,0514	0,0690

Результаты исследований зависимости средней относительной погрешности результатов от количества нейронов скрытого слоя при коэффициенте обучения равного 0,017, размере скользящего окна равного 6 и числе эпох обучения равного 100 представлены в таблице 3.

Таблица 3. Зависимость средней относительной погрешности результатов от числа нейронов скрытого слоя

Число нейронов скрытого слоя	Средняя относительная погрешность обучения	Средняя относительная погрешность тестирования
2	0,0663	0,0755
3	0,0662	0,0754
4	0,0634	0,0697
5	0,0634	0,0684
6	0,1101	0,1347
7	0,0531	0,0576
8	0,0752	0,0970
9	0,0634	0,0683
10	0,0630	0,0674
11	0,1018	0,1390
12	0,1127	0,1288

Результаты исследований зависимости средней относительной погрешности результатов от количества эпох обучения при 7 нейронах в скрытом слое, коэффициенте обучения равного 0,017, размере скользящего окна равного 6 и представлены в таблице 4.

Таблица 4. Зависимость средней относительной погрешности результатов от числа эпох обучения

Число эпох обучения	Средняя относительная погрешность обучения	Средняя относительная погрешность тестирования
30	0,0480	0,0391
35	0,0478	0,0334
40	0,0478	0,0322
45	0,0483	0,0294
50	0,0485	0,0288
55	0,0486	0,0283



Число эпох обучения	Средняя относительная погрешность обучения	Средняя относительная погрешность тестирования
60	0,0492	0,0268
65	0,0497	0,0257
70	0,0501	0,0253
80	0,0506	0,0246
90	0,0508	0,0242
100	0,0517	0,0231

Оптимальные параметры сети: 7 нейронов скрытого слоя, 100 эпох обучения, коэффициент обучения равен 0,017, а размер скользящего окна равен 6.

Литература

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

М.В. Федотов, Л.М. Шарнин, И.М. Якимов

СОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА РАЗРАБОТКИ МОДЕЛЕЙ GPSS WORLD

(ФГБОУ ВПО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ»)

Язык GPSS известен, пожалуй, всем специалистам в области имитационного моделирования. За свою историю он подобрал в себя лучшие конструкции для описания систем массового обслуживания. Сочетание невероятной мощности и простоты позволяют ему и сегодня успешно конкурировать с другими системами имитационного моделирования. В нашей стране он получил особую популярность. Множество учебных заведений используют его в учебном процессе. С его помощью создаются коммерческие модели для крупных компаний и предприятий.

К сожалению, в последнее время работа над языком ведётся очень медленно. В частности, практически не развиваются графические средства для работы с моделью, что существенно снижает эффективность разработки. Программные средства, представленные в этой статье, разработаны специально для языка GPSS World и призваны повысить качество создаваемых моделей, а также удобство работы и эффективность труда разработчика.

Для решения указанных задач, компанией «Элина-Компьютер» разработаны программные средства: «Расширенный редактор GPSS World», «Универсальный редактор форм» и «Сервер GPSS». Они позволяют не просто создавать модели на языке GPSS World, но комплексно решать задачи имитационного исследования. С их помощью автоматизируются следующие этапы исследования: графическое построение модели в виде схемы, текстовое построение модели и её отладка, формирование и выполнение серий экспериментов, подготовка ре-



зультатов, создание отчёта об исследовании, построение формы для удобной работы с моделью, организация совместной работы нескольких разработчиков.

Редактор схем позволяет сформировать структурную схему модели и преобразовать её в текстовую модель GPSS World (рисунок 1).

Схема строится из следующих элементов.

- ТЭБ (типовой элементарный блок) представляет некоторый объект предметной области, определяемый разработчиком. Он содержит логически завершённую часть модели GPSS World. Взаимодействие с ТЭБом на уровне схемы происходит с помощью входов и выходов, ассоциированных с метками модели.
- Связь позволяет устанавливать отношения между ТЭБами, путём соединения их входов и выходов.
- Схема позволяет объединять ТЭБы и другие схемы для создания элементов более высокого уровня.
- Изображение и надпись – декоративные элементы схемы, служащие для её оформления.

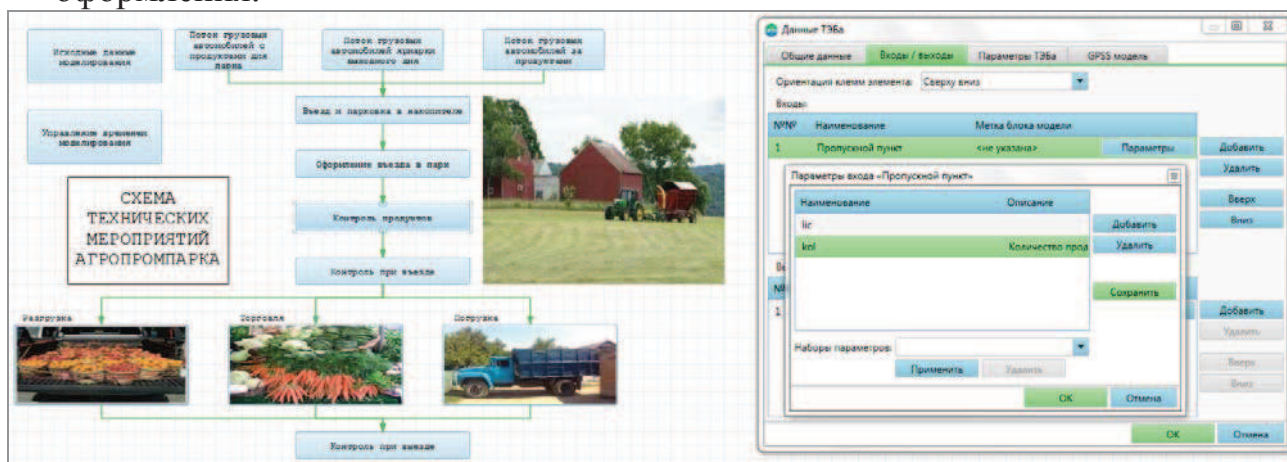


Рис. 1. Структурная схема модели

Схема позволяет наглядно представить структуру и связи формируемой модели. ТЭБы и схемы можно объединять в библиотеки для описания некоторой предметной области. Любой операнд модели ТЭБа можно параметризовать. На основе схемы строится модель GPSS World.

Модель может быть написана и в виде текста. Специально разработанный текстовый редактор подсвечивает конструкции языка, отображает ошибки, «на лету» анализирует вводимые операторы и отображает доступные по контексту значения во всплывающей подсказке.

В рамках имитационного исследования расширенный редактор позволяет проводить одиночные эксперименты, и серии экспериментов. Редактор обеспечивает множество возможностей для выделения факторов и показателей модели, организации автоматического исполнения серий, вывода результатов экспериментов и серий в удобном для анализа виде (таблицы, графики, анимация). Все результаты экспериментов сохраняются в базе данных результатов моделирования и доступны пользователю в любой момент исследования.



При моделировании, подсистема динамического мониторинга способна автоматически отслеживать состояние любых стандартных числовых атрибутов (СЧА) модели через определённые интервалы времени и отображать их.

Исключительно важной новой функцией расширенного редактора является возможность проведения экспериментов и серий экспериментов непосредственно самим заказчиком модели, с помощью специально созданного EXE модуля. В этом модуле жестко зафиксирована одна из множества возможных форм ввода данных и анализа результатов, введены все базовые исходные данные, а пользователю предоставляется возможность изменять только варьируемые факторы, управлять экспериментами и анализировать результаты (рисунок 2).



Рис. 2. Форма ввода данных

Рассмотрим пример использования редактора для построения модели. На рисунке 3 представлена структурная схема модели процесса сборки компьютеров, выполненная в редакторе. Каждый ТЭБ (синие прямоугольники) содержит модель GPSS World, определяющую его логику. Схема «Сборка» является сложным элементом и состоит из нескольких более простых ТЭБов. Связи указывают направления перемещения транзактов между ТЭБами.



Рис. 3. Структурная схема модели

Созданная схема автоматически преобразуется в GPSS модель. Для данной модели указывается факторы, результирующие показатели, и метод построения серии экспериментов. После этого, редактор автоматически формирует



ет серию экспериментов и выполняет её. На основе результатов моделирования серии экспериментов, был проведён статистический анализ, результаты которого представлены на рисунке 4 и в таблице 1.

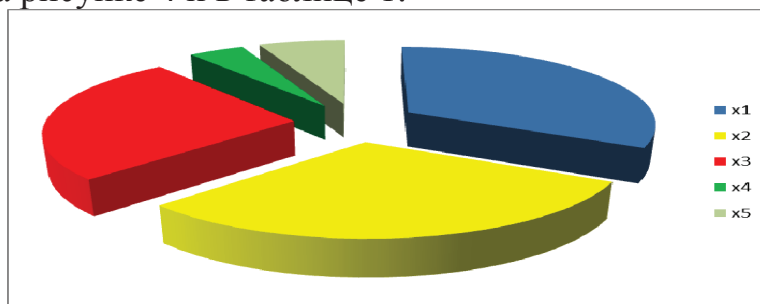


Рис. 4. Круговая диаграмма удельных весов факторов на изменение y_1

Таблица 1. Значения результативных показателей эффективности

Наименование	Значение	Единица измерения
Стоимость работ за время выполнения договора	28525781,36	Рубли
Среднее время выполнения работ по договору	1067,274	Часы
Среднее отклонение времени выполнения работ	328,17	Часы
Вероятность выполнения работ в срок	0,91168	-
Среднее время просрочки работ по договору	182,3864	Часы
Коэффициент занятости проектировщиков	0,7509	-
Коэффициент занятости инженеров	0,7351	-

Заключение

Описанные в статье возможности расширенного редактора, универсального редактора форм и сервера GPSS позволяют проводить имитационные исследования на качественно новом, по сравнению со стандартной системой GPSS World, уровне:

- Автоматизируется большинство этапов имитационного исследования;
- Появилась возможность графического построения моделей;
- Улучшился инструментарий редактирования текстов моделей;
- Расширились возможности отладки и анализа моделей;
- Упростилась технология планирования и проведения экспериментов;
- Появилась возможность проведения экспериментов непосредственно самим заказчиком.
- Появилась возможность совместной работы нескольких разработчиков.



ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

Г.М. Бахрах, В.А. Куделькин

ЕДИНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ И ТЕРРИТОРИЯХ

(Консорциум «Интегра-С»)

Консорциум «Интегра-С» с 1996 года является одной из ведущих российских компаний в области систем безопасности. Основными направлениями деятельности консорциума являются:

2. Создание комплексных систем безопасности и автоматизации управления объектом – от проектирования и монтажа до постгарантийного обслуживания;

3. Разработка программного обеспечения, видеокамер и контроллеров для интегрированных систем безопасности, систем видеонаблюдения и распознавания образов, контроля доступа, охранно-пожарной сигнализации.

Нами оборудованы ситуационные центры четырех железных дорог - филиалов ОАО «РЖД», Агентства Морской Безопасности, таможни аэропорта Шереметьево, Национального Центра Управления в Кризисных Ситуациях и разработано специализированное программное обеспечение для Центра Управления ГИБДД ГУВД по г. Москве, запроектирована единая геоинформационной система безопасности государства Абхазии и нескольких российских городов.

Так же, запроектированы и смонтированы системы безопасности более 650 стратегических объектов государственной границы, ОАО «РЖД», аэропортов, нефтяной и газовой промышленности, гидросооружений и морских портов. Спроектированы участки скоростного хода «Сапсана» для Горьковской и Октябрьской ЖД, а также трассы Санкт-Петербург - Хельсинки. Оснащенные нашими системами безопасности стратегически важные объекты имеют возможность вывода информации в Национальный центр управления в кризисных ситуациях МЧС РФ, также оснащенный нашим оборудованием.

Существующие на сегодняшний момент структуры представляют собой отдельные локальные системы, построенные на разных типах программного и аппаратного обеспечения. Как правило, мониторинг осуществляют различные ведомства и департаменты (МЧС, МВД, ФСБ, МО, администрации муниципальных образований, администрация президента), что приводит к дублированию объектового оборудования и каналов передачи данных, сложности в освоении и обслуживании различных программно-аппаратных комплексов.

Для решения данной проблемы мы предлагаем создание **единой системы мониторинга ситуаций объектов и территорий (ЕСМС).**



Распределенная система позволит объединить в единую многоуровневую структуру территориально удаленные друг от друга локальные интегрированные системы безопасности любых объектов, принадлежащие различным территориальным и ведомственным уровням управления. Может быть построена система любой сложности с подключением неограниченного числа уполномоченных лиц, объектов, подсистем безопасности и жизнеобеспечения объекта.

Задачи, решаемые системой мониторинга ситуации:

2. сбор, обобщение и анализ информации о состоянии и событиях на объектах в режиме реального времени;
3. уточнение, при необходимости, сложившейся ситуации по видеоизображениям, передаваемым с объектов;
4. обеспечение режима видеоконференции в общении должностных лиц при решении конкретных задач управления;
5. обеспечение уполномоченных лиц системы безопасности всеми необходимыми данными, имеющимися в базах данных системы и базах данных спецслужб;
6. выдача рекомендаций уполномоченным лицам по действиям в сложившейся обстановке;
7. модульность и масштабируемость системы позволяют решать любые задачи – от оптимизации дорожного движения в зависимости от пробок и состояния дорожного полотна, до выдачи предупреждения о ЧП при обнаружении опасной концентрации вредных веществ;
8. подключение уже существующих локальных систем безопасности;
9. создание электронных паспортов объектов, которые позволят всем заинтересованным службам дистанционно получить исчерпывающую информацию о состоянии объекта, о наличии в нём людей, путях эвакуации и наличии внутренней системы безопасности с её конфигурацией.

В качестве ядра для создания системы мониторинга ситуаций на объектах и территориях, предлагаем уникальный, не имеющий аналогов в мире, защищённый 37-ю патентами программно-аппаратный комплекс "Интегра-С-ГЕО", разработанный консорциумом Интегра-С и внедренный на большом количестве объектов России.

На данный момент это единственная система, позволяющая для каждого конкретного объекта создание объемного плана с указанием мест размещения оборудования систем безопасности (систем охраны периметра, охранного видеонаблюдения, пожарной сигнализации и пр.) и систем жизнеобеспечения.



А.И. Белоусов

СЕМАНТИКА ЯЗЫКА ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ В ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СРЕДЕ ФРЕЙМОВОГО ТИПА

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Семантика, в широком смысле слова – анализ отношения между языковыми выражениями и миром, реальным или воображаемым, а также само это отношение и совокупность таких отношений (так, можно говорить о семантике некоторого языка). В данной статье речь идет о семантике языка представления знаний на основе фреймовых структур.

Определим на множестве фреймов инструментальной среды систему типов. В данной системе при выполнении операций присваивания в вычислении выражения производится строгая проверка типов. Используя результаты Сошникова [1] для систем с динамическим приведением типов, полагаем, что в нашем случае более слабые ограничения системы без типизации обязательно будут выполнены для систем со строгой типизацией. А именно:

Пусть система типов – $\mathcal{T} = \langle T, \Theta \rangle$,

где T – множество типов, Θ – множество операций.

Условия:

1. T – решетка с отношениями порядка $\subseteq$
2. $\exists \text{ NIL} \in T: \forall_x \in T \text{ NIL} \in X$
3. $\forall \odot_T: \forall_{x,y} \in T \ x \ y \in \odot$
4. $\forall \odot_T: \forall_x \in T \text{ NIL } x = x \odot \text{ NIL} = \text{NIL} \odot$

Будем рассматривать следующие типы данных:

1. $B = \{\text{true}, \text{false}\}$ – логический тип.
 2. N – множество натуральных чисел, представимых в ЭВМ с разрядностью не менее 32.
 3. D – множество действительных чисел, представимых в ЭВМ с разрядностью не менее 32.
 4. S – множество строк в некотором алфавите A
 5. R – множество ссылок, $R = R_1 + R_2$, где $R_1 = I$, $R_2 = \langle f, s \rangle$, $f \in I$, $s \in I_f$
 6. $M = M_1 + M_2$ – множество массивов одномерных и двумерных.
 7. L – множество списков конечной длины из элементов одного типа
- $T \in T$. $T = \{\text{NIL}\} + B + N + D + S + R + M + L$



В [1] показано, что при таких предположениях даже для нестрого типизированной системы при рассмотрении графа состояний логического вывода можно в анализе ограничиться анализом графа с конечным множеством состояний и конечным множеством переходов.

Так как на всех рассматриваемых типах может быть введено отношения порядка $\subseteq$, то при условии неизменности знаний о значениях по умолчанию ссылок по агрегациям и обобщениям, а так же процедурных знаний, отношение порядка может быть определено на множестве пространства состояний и в частности на множестве W_{CA} . В дальнейшем, учитывая неизменность состояний информационной базы в процессе логического вывода, индекс «СА» для состояний будем опускать, считая что рассуждения о смене состояний ведутся лишь для фреймов участвующих в логическом выводе, для которых изменяются значения $f.s.v$ и $f.s.a$ и если a – признак активности фрейма в логическом выводе, то при $f.s.a=false$ слот s фрейма f не может изменить свое значение в процессе вывода, что должно быть проконтролировано в процедурах вывода.

В системе все фреймы являются наследниками корневого системного фрейма. Отношение isa (определяет иерархию фреймов и используется для переноса слотов и их значений от родительского фрейма к потомкам). Для записи иерархии наследования воспользуемся обозначением стрелки обобщения, принятой в UML [2]. $f \rightarrow g \Leftrightarrow \|f.isa\| = g$. Тогда и только тогда – $\|\cdot\|$ операция вычисления значения слота (ссылочного типа) $f.isa \in R_1 \subseteq I$. Ограничиваясь случаем однозначного наследования, будем считать что эти отношения не меняются в процессе вывода, а для записи прямых родителей в системном фрейме – прототипа предусмотрен специальный слот $f.isa$ со значениями ссылочного типа.

Фреймы-экземпляры являются конечными в иерархии и наследников не имеют [3] Отсутствовать значение может только у системного фрейма самого верхнего уровня и он только один. У остальных фреймов значение прямого родителя имеется обязательно и заполняется при создании нового частного фрейма-прототипа или фрейма-экземпляра. Поскольку наследование в системе является обязательным для всех фреймов то при обращении к слоту за значением («чтение») и его отсутствием проверяется нельзя ли определить это значение по цепочке «снизу–вверх» обобщений (это может быть зафиксировано одним из предикатов $C_i \in C_k$, прикрепленных к данному слоту). Такая ситуация возможна в процедуре IF_NEEDED_i которая так же наследуется от родителя [4].

Будем считать, что каждая процедура демон и процедурный фрейм представляет собой типизированные выражения $E \in E$ или композицию таких выражений $C \in C$ и являются вычислимой. Вычисление такого выражения в контексте может иметь следующие результаты:

1. Прерывание если требуется значение другого слота данного фрейма или другого а оно не задано, передача управления соответствующей процедуре IF_NEEDED_i другого слота.



2. Возврат значения v или множества значений $\{v_1, v_1, \dots, v_n\}$ в процессе вычисления.
3. Возврат значения NIL если одна из компонент выражения NIL и определить ее не удастся (в том числе из-за ошибок в вычислениях).

Будем считать, что прерванные состояния системы сохраняются, так что любое продолжение вычисления выражения приводит к результатам 2 и 3. Это соответствует: $\|E\|^c = v; v \neq NIL; \|E\|^c = \{v_1, v_2, \dots, v_n\}; v_i \neq NIL; \|E\|^c = NIL$, где $\|E\|^c$ – результат вычисления выражения E в контексте $C \in \mathbb{C}$.

Определим синтаксис множества выражений. Выражения «продвигающие» шаги вывода делятся как и фреймы на активные (содержащие операции присваивания, записи нового значения слота) и пассивные (информационные) вспомогательные не содержащие операций изменения значений слотов и лишь подготавливающие промежуточные данные для вычисления выражений на последующих шагах вывода, однако демоны IF_NEEDED всегда активны, если не завершаются ошибкой, а демоны $IF\_CHANGED$ могут быть как активными, так и пассивными.

Для выражения $E=f.s$ определим следующую систему вычисления значений слота:

$$\|f.s\|^c = \begin{cases} f.s.v, \text{ если } v \neq NIL \\ f.s.u, \text{ если } v = NIL \text{ и } f.s.u \neq NIL \\ \|f.s.IF\_NEEDED_i\|, \text{ если } v = NIL, \\ f.s.IF\_NEEDED_i \neq NIL, f.s.u = NIL \\ NIL, \text{ если } v = NIL, f.s.u = NIL, f.s.IF\_NEEDED_i = NIL \end{cases}$$

Предполагается, что контекст $C \in \mathbb{C}_k$ разрешает активизировать только одну процедуру IF_NEEDED из множества $\{Q_i\}, i = \overline{1, n}$ (одновременный вызов двух процедур-оракулов считается конфликтом и должен исключаться предикатом или правилом с контекста). Значение $f.s.v$ может быть установлено равным значению $g.s.v$ соответствующего родительского фрейма, если это разрешено контекстом, при выполнении операции создания нового фрейма. Все процедуры-демоны и присоединенные процедуры и правила наследуются потомками, что учитывается при создании фрейма. Если контекст C отсутствует ($C = NIL$), то $\|f.s\|^{NIL} = \|f.s\|$, но при этом используется первая по порядку (младшая) процедура $f.s.IF\_NEEDED_1 = Q_1$. Процесс вычисления выражения $f.s.IF\_NEEDED_i$ может включать в себя вызов функции оракула (запроса к внешней среде с использованием некоторой текстовой команды – дескриптора dsc)

$\mathcal{A}: D_{SC} \rightarrow T D_{SC}$ – некоторое множество дескрипторов зависящие от предметной области

$\|\mathcal{A}(dsc)\|^c = \mathcal{A}(dsc)$, где $dsc \in D_{SC}, C \in \mathbb{C}_k$



Вызов функции-оракула определяет диалоговый режим консультации (режим задачи). В предположении, что множество возможных ответов пользователя контролируется и не выводит процесс за пределы типа значений соответствующего слота в операции присваивания или не меняет состояния системы вывода, лишь подготавливая промежуточные данные для продолжения вычисления выражения $f.s.IF\_NEEDED_i$, считаем, что семантика языка представления знания вызовом функции-оракула не изменяется в части логического вывода. Основным свойством данной семантики, являющейся частным случаем семантики, рассмотренной в [1,6] является монотонность операции вывода. Для любого контекста $C \in \mathcal{C}$ и выражения $E \in \mathcal{E}$ функция $\| \cdot \|^C: \mathcal{W}_{CA} \rightarrow \mathcal{W}_{CA}$ определена и монотонна по изменению состояния в соответствии с упорядоченностью используемых процедур-демонов и контекстных ограничений. Это приводит к конечности числа переходов в пространств состояний при использовании корректных выражений $E \in \mathcal{E}$.

Контекст $C_k \subseteq C$ определяет в том числе и семантику наследования при вычислениях. В принципе часть этого контекста выделенная в виде набора правил IF_USED [1] прикрепленных к фрейму f в целом может определять условия использования значений слотов, демонов и присоединенных процедур, родительских фреймов.

Будем рассматривать следующие операции для композиции выражений в множестве $\mathcal{E}$:

1. Подстановка константы из множества типов $\mathcal{T}$.
2. Ссылка на слот $f.s$, $f \in \mathcal{I}$, $s \in \mathcal{I}_f$
3. Арифметическая операция $E_1 \circ \in \{+, *, /\}$
4. Логическая операция $E_1 \square \in \{or, and\}$ или NOT E_1
5. Условная операция $E_0 \rightarrow E_1, E_2$ или $E_0 \rightarrow E_1$
6. Вызов функции-оракула (запросы значений путем обращения к внешней среде) $\mathcal{A}$

Арифметические и логические операции должны соответствовать множеству типов $\mathcal{T}$ и условиям строгой типизации выражений из $\mathcal{IE}$ (общие ограничения на множестве типов уже были рассмотрены)

Константа соответственного типа может подставляться вместо переменной или выражения в целом независимо от состояния системы вывода.

Условное выражение вычисляется по схеме:

$$\| E \rightarrow E_1, E_2 \| ^c = \begin{cases} \| E_1 \| ^c, \| E \| ^c = true \\ \| E_2 \| ^c, \| E \| ^c = false \end{cases}$$

Литература

1. Сошников Д.В. Инструментарий JULIA для построения распределённых интеллектуальных систем на основе продукционно-фреймового представления знаний // Электронный журнал «Труды МАИ». – М.: МАИ, 2002. – №7



2. Дерябкин В.П., Либерзон О.К. Методические указания к лабораторному практикуму по UML: учебное пособие для вузов. – Самара: 2008. – 40 с.
3. Белоусов А.И., Дерябкин В.П. Фреймовая база знаний информационной компьютерной среды // Перспективные информационные технологии для авиации и космоса (ПИТ-2010). Избранные труды Международной конференции с элементами научной школы для молодёжи. – Самара, СГАУ, 2010. – с. 61 – 64
4. Белоусов А.И., Дерябкин В.П. Унифицированное представление знаний продукционно-фреймового типа // Стандартизация информационных технологий и интероперабельность СИТОП 2011, Пятая всероссийская конференция. – М.: МИРЭА, 2011 – с. 12 – 16
5. Minsky M. A Framework for representing knowledge. – Cambridge: MIT Press, 1974
6. Сошников Д.В. Логический вывод на основе удалённого вызова и включения в системах с распределённой фреймовой иерархией / под ред. В.Е. Зайцева. – М.: «Вузовская книга», 2002. – 48 с.

А.В. Графкин, В.В. Графкин, В.А. Лесных, А.А. Марейчев

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

(Ассоциация «Электронные системы»,

ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Одним из наиболее важных факторов в процессе охраны является время оценки текущего состояния объекта и оценка необходимости воздействия.

Автоматизированная система (АС) мониторинга состояния комплексной системы безопасности (МСКСБ) состоит из клиентской и серверной части. На серверной части хранится информация с камер наблюдения (если таковые установлены), а также база данных, содержащая текущее состояние датчиков (движения, дыма и других).

При возникновении события (срабатывания датчика), информация о нем фиксируется в базе данных, а также высылаются сообщения всем подключенным клиентам. В случае отсутствия у клиентской части доступа к интернету, оповещение о срабатывании датчика будет доставлено при первом подключении к сети. Взаимодействие клиента и сервера реализовано на основе HTTP запросов сообщениями, формируемыми в соответствии со стандартом JSON. В общем виде схема обмена информацией представлена на рисунке 1.

Взаимодействие с сервером возможно в двух режимах: просмотра истории и мониторинга состояния. Режим просмотра истории используется для выбора интересующих пользователя данных с сервера, при этом пользователю



доступен просмотр списка датчиков, списка срабатываний датчика, а также возможность запросить более подробную информацию по интересующему источнику сигнала (видеокамере или микрофону) из архива, хранящегося на сервере, либо запросить актуальные данные, формируемые источником в реальном времени.

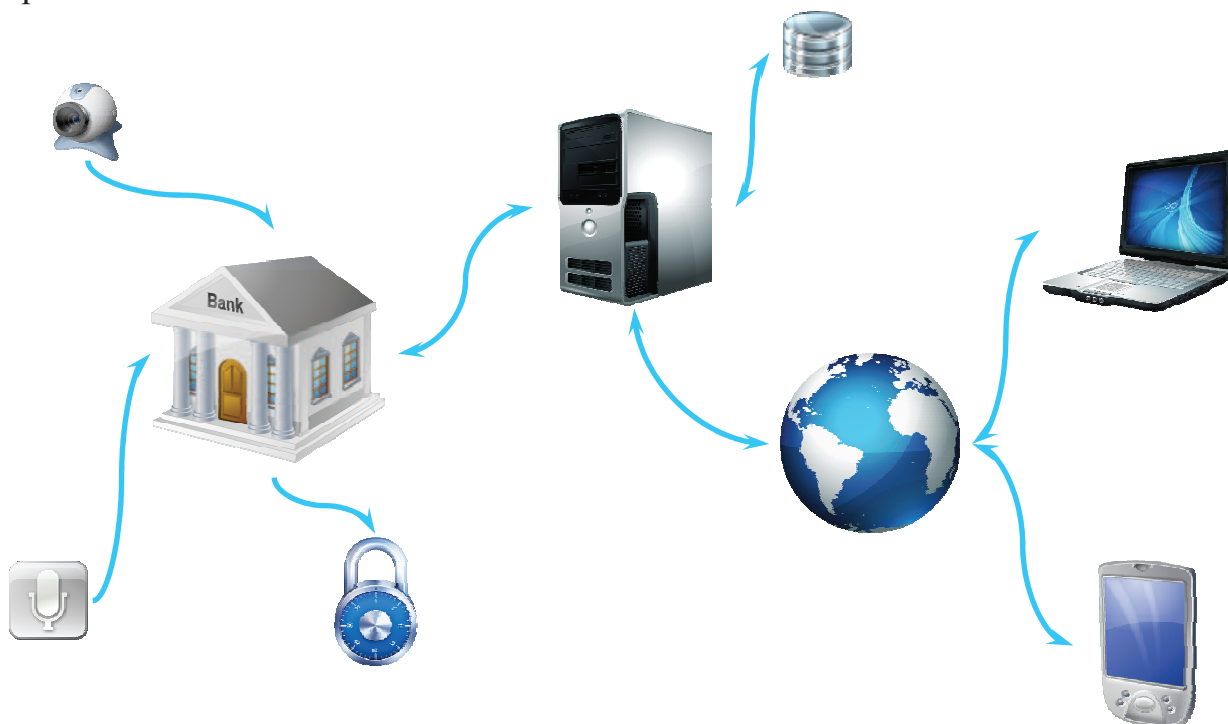


Рис. 1. Схема обмена информацией

Режим мониторинга предназначен для непрерывного отслеживания критических изменений, происходящих на объекте. В данном режиме устройство-клиент периодически отправляет на сервер определенный запрос, и, при наличии событий, о которых клиент еще не был оповещен, сервер возвращает результат обработки запроса. При отсутствии оповещений сервер искусственно задерживает ответ в течение некоторого промежутка времени, ожидая поступления сигнала с датчика. Если за определенный промежуток времени сигнал так и не поступил либо мобильное устройство сформировало новый запрос к серверу, то текущее соединение закрывается.

Использование такого подхода минимизирует время отклика от сервера и обеспечивает большую надежность, поскольку сообщения, используемые при оповещениях, по объему гораздо меньше информационных сообщений с источников сигнала.

Ключевыми особенностями системы являются:

- мультиплатформенность;
- отображение информации с датчиков любого типа в наглядной форме;
- возможность вывода видео с камер наблюдения в части трехмерного макета объекта, соответствующем реальному расположению камеры;
- простота и эргономичность интерфейса;

Разрабатываемая система позволит получить доступ с мобильного устройства ко всем датчикам, видеокамерам и исполнительным устройствам, уста-



новленным на охраняемом объекте средствами передачи данных по сети Интернет. Таким образом, пользователь системы получит возможность взаимодействовать с охраняемым комплексом в любой точке, находящейся в зоне покрытия сетей 3G или WiFi.

Установка клиентской части программной системы возможна как на ПК под управлением MS Windows, так и на мобильных устройства с установленной ОС Android версии 2.3.3 или выше, что позволяет контролировать состояние системы безопасности даже без доступа к стационарному посту охраны, например, при обходе территории объекта.

Система предоставляет возможность работы с комплексной системой безопасности (КСБ) посредством пользовательского интерфейса, включающего 3D-план охраняемого объекта, на который выводятся данные, полученные с датчиков и камер наблюдения. Оператору предоставлены функции по изменению точки обзора виртуального макета и выбору масштаба, а также информация по каждому установленному в системе датчику, в том числе возможность вывода видео с камер наблюдения в определенную область 3D-плана.

Оператор системы, после прохождения авторизации и указания файла, содержащего 3D-модель объекта, может начать слежение за состоянием охраняемого объекта путем просмотра видео с камер наблюдения и контроля состояния датчиков. Пользователь в любой момент использования системы может изменить положение камеры с помощью стандартного манипулятора (мышь на персональном компьютере, сенсорный экран на мобильных устройствах).

По собственному желанию пользователь может выбрать элемент КСБ на 3D-плane (датчик или исполнительное устройство) и вывести информацию о его состоянии. Если выбранный объект является исполнительным устройством, то пользователь может его активировать (например, в случае использования динамика, пользователь может включить воспроизведение аудио-сообщения).

В.П. Дерябкин

МОДЕЛЬ БАЗЫ ЗНАНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ФРЕЙМОВОЙ СРЕДЫ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Качество и своевременность принятия решений в сложных ситуациях во многом определяется информационным окружением лица, принимающего решение. В [1 - 3] рассмотрена концепция построения интеллектуальной информационной компьютерной среды с фреймовой структурой знаний, которая позволяла бы создавать, развёртывать и исполнять интеллектуальные приложения в различных предметных областях. Ядром такой среды является база знаний с использованием фреймовых структур как унифицированных элементов представления знаний. Несмотря на то, что фреймовая модель представления знаний



предложена давно [4], до сих пор формализация процесса решения задач вызывает значительные трудности [5,6].

В докладе рассмотрена и уточнена в соответствии с унифицированной моделью фрейма модель базы знаний инструментальной системы.

Фреймы базы знаний могут быть подразделены на группы:

- *активные* в логическом выводе результата, имеющие слоты с исполняемыми присоединенными процедурами (демонами и/или значениями слотов) F_a – поведение этих фреймов определяет логический вывод;
- *пассивные*, не имеющие слотов с присоединенными процедурами F_p (они представляют фреймы-структуры, аналогичные таблицам, из которых только можно брать информацию в процессе вывода, но 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.

Общая схема решения задачи зависит от того, в какой форме ищется решение:

- а) традиционно, в форме алгоритма по данным пассивных фреймов;
- б) поиском по образцу решения, наиболее близкого к образцу среди пассивных фреймов с использованием той или иной меры близости;
- в) методом распространения возбуждения по сети фреймов, содержащих все возможные решения проблемы в группе конечных фреймов-результатов (экземпляров) по указанным экземплярам входных фреймов-параметров информационного запроса.

В системе должен иметься исходный активный фрейм запроса стандартной структуры, содержащий слоты параметров запроса, а также слот результата.

В системах реального времени (мониторинга, слежения, обработки оперативной информации) фреймы оперативной информации непрерывно пополняются извне или в результате обработки. Однако, любая обработка и получение промежуточных результатов должна проходить в условиях постоянства заданных параметров в шаговом режиме.

Следует различать базу знаний среды разработки – общую базу знаний, применимую для всех возможных приложений (справочная библиотека) и частную базу знаний (приложение), полностью определяющую состав и структуру частных фреймов-прототипов и экземпляров, специфичных для конкретного приложения.

Фрейм конкретного приложения является в общем случае агрегацией фреймов, входящих в информационную базу (пассивных во время решения задачи и переходящих в активные при вводе (сборе) информации) и активных фреймов логического вывода (в частном случае – одного).

Чаще всего приходится разделять фрейм-ситуацию «запрос» на частные фреймы достижения промежуточных результатов (агрегация фреймов-запросов).

Полная база знаний $K = K_{\text{системы}} + K_{\text{приложений}}$,



$$K_{\text{приложений}} = \bigcup_{i=1}^N K_{pi} ,$$

где K_{ni} – частная база знаний i -го приложения.

В состав базы знаний входят знания статические K_s (структуры фреймов, значения слотов на множестве типов $\mathbb{T}$) и динамические K_d (системные методы и процедуры инструментальной системы, присоединенные процедуры и процедуры-демоны фреймов-приложений)

$$K = K_s + K_d = K_{s\_sys} + K_{d\_sys} + \bigcup_{i=1}^N K_{s\_app_i} + \bigcup_{i=1}^N K_{d\_app_i} ,$$

где индекс sys относится к инструментальной системе, индекс app_i к i -му приложению.

Фрейм как единица представления знаний отображает как статические, так и динамические знания, причем все множество фреймов F , эквивалентное знаниям K , представляется в виде :

$$F = F_{sys} + F_{app1} + F_{app2} + \dots + F_{appN} ,$$

где F_{app_i} – множество фреймов i -го приложения (множества могут пересекаться).

Рассмотрим простой случай одного приложения, тогда $F = F_{sys} + F_{app}$

Концептуально все множество фреймов представляет собой многоуровневую иерархию обобщений, где верхний уровень является единственным фрейм-прототип $f_0^0 \in F_{sys} \subseteq F$, а терминальные (фреймы нижнего уровня) $f_1^k, f_2^k, \dots, f_i^k, \dots, f_N^k$ – фреймы-экземпляры (k – № нижнего уровня) являются наследниками (потомками) фреймов предыдущих уровней, наследуя от них статические и динамические знания, $f_i^k \in F$.

Фрейм рассматривается как некоторый контейнер (пакет) знаний, имеющий имя (идентификатор) $id \in I, I \subseteq \mathbb{I}$, ($\mathbb{I}$ – полное множество идентификаторов фреймов и слотов) и содержащий как агрегацию набор слотов. Каждый слот s является также носителем статических и динамических знаний в виде возможных значений, определенных на системе типов $\mathbb{T}$, и набора присоединённых процедур из некоторого множества выражений $\mathbb{E}$, λ -выражений $\Lambda(\mathbb{T})$; $\mathbb{E} \subseteq \Lambda(\mathbb{T})$ [6]. В частном случае λ -выражение может включать константы, в том числе имена присоединенных процедур, а также ссылки на другие слоты и значения NIL (неизвестно).

Для формализации фреймовых структур будем (аналогично [6]) рассматривать функцию состояний:

$W: I \rightarrow F$, отображающую множество идентификаторов в множество фреймов (эта функция фиксирует состав всей базы знаний на текущий момент); $W \in \mathbb{W}$, где $\mathbb{W}$ – множество возможных состояний.

Обозначим через $W_{IA} \in \mathbb{W}$ состояние информационной базы приложения, которое определяет часть фреймов (системных и приложения), пассивных по



отношению к логическому выводу, а через $W_{CA} \in W$ – состояние системы управления вывода (решателя) – набора активных фреймов.

Каждый фрейм $f \in F$ является функцией $f: I_f \rightarrow S$, отображающей множество идентификаторов слотов фрейма в множество слотов S . Динамические знания представляются множествами демонов и присоединенных процедур и правил. Состояние W_{IA} информационной базы приложения на период вывода считается неизменным.

Считаем, что фреймы включают слоты, задаваемые в общем случае кортежами:

$$S = \{ \langle v, u, \{Q_i\}, \{D_j\}, \{C_k\}, \alpha \rangle \},$$

$v \in T$ – значение слота; $u \in T$ – значение слота по умолчанию; $\{Q_i\}$ – упорядоченное множество присоединенных к слотам процедур-демонов поиска значений слота типа IF_NEEDED; $\{D_j\}$ – упорядоченное множество присоединенных к слоту процедур-демонов типа IF_CHANGED, обрабатывающих событие изменения значения слота; $\{C_k\}$ – упорядоченное множество ограничений на значения слота (набор правил или предикатов $C_k \in E$); α – флаг, используется в контексте вывода для управления выводом, булевского типа.

Для доступа к значениям слота используем операцию разыменования:

$$s.v, s.u; s.IF\_NEEDED_i; s.\alpha \text{ и т.п.}$$

Считая идентификаторы фреймов уникальными во всей системе, а идентификаторы слотов – уникальными в пределах фрейма, в операции разыменования объекты f и s заменяем их соответствующими идентификаторами и в этом контексте мы можем считать, что запись $f.s$ одновременно является идентификатором (адресом) слота s во фрейме f .

В первоначальном состоянии (на нулевом шаге вывода) $f.s.v = \text{NIL}$ для всех слотов всех фреймов подсистемы вывода, а также $f.s.\alpha = \text{NIL}$.

Операции присваивания значения слоту будем рассматривать как функцию, в общем случае осуществляющую изменение состояния:

- системы в целом;
- информационной базы в режиме только пополнения длительно хранимых знаний;
- только подсистемы вывода в процессе получения результата решения задачи при неизменном состоянии информационной базы.

Это соответствует изменению состояний W_{IA} и W_{CA}

- $\langle := \rangle: I \times T \rightarrow T \rightarrow W$;
- $\langle := \rangle: I_{IA} \times T \rightarrow W_{IA} \rightarrow W_{IA}$ (приобретение знаний);
- $\langle := \rangle: I_{CA} \times T \rightarrow W_{CA} \rightarrow W_{CA}$ при $W_{IA} = \text{const}$ (решение задачи).

Здесь $W_{IA} \subseteq W$, $W_{CA} \subset W$, $W_{IA} = W$ при отсутствии подсистемы вывода.

Важнейшими иерархическими фреймовыми структурами являются обобщения с наследованием и агрегации. Для их образования в определение фрейма вводятся специальные системные слоты со значениями ссылочного типа.



- 1) $f g \Leftrightarrow \| f.isa \| = g$, где $\| \cdot \|$ - операция вычисления значения системного слота потомка $f.isa$ (обобщение, g - родитель) .
- 2) $f h \bowtie \| f.part\_of \| = h$ (агрегация, f входит в h как составная часть).

Изложенный подход и нотация могут быть использованы в процессе разработки языка представления знаний и обоснования стратегий решения задач в интеллектуальной информационной среде с унифицированной фреймовой базой знаний.

Литература

1. Дерябкин В.П. База знаний системы синтеза и параметрической настройки проблемно-ориентированной информационной компьютерной среды // Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении «ПИТ-2006», Т.1. – Самара, СГАУ, 2006. – с. 65 – 69
2. Дерябкин В.П. Среда визуальной разработки интеллектуальных систем продукционно-фреймового типа // Математическое моделирование информационных процессов и систем в науке, технике и образовании. – Самара, СГАСУ, 2010. – с. 48 – 51
3. Дерябкин В.П., Белоусов А.И. Фреймовая база знаний информационной компьютерной среды // Перспективные информационные технологии для авиации и космоса (ПИТ-2010). Избранные труды Международной конференции с элементами научной школы для молодёжи. – Самара, СГАУ, 2010. – с. 61 – 64
4. Minsky M. A Framework for representing knowledge. – Cambridge: MIT Press, 1974
5. Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирования, 4-е издание. – 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 / под ред. В.Е. Зайцева. – М.: «Вузовская книга», 2002. – 48 с.

И.В. Лёзина, В.С. Хохлова

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИНАНСОВЫХ РЫНКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Нейронные сети – это одно из направлений исследований в области искусственного интеллекта, основанное на попытках воспроизвести нервную систему человека. А именно: способность нервной системы обучаться и исправлять ошибки, что должно позволить смоделировать, хотя и достаточно грубо, работу человеческого мозга. Нейрон – это специальная клетка, которая структурно состоит из ядра, тела клетки и отростков. Одной из ключевых задач ней-



рона является передача электрохимического импульса по всей нейронной сети через доступные связи с другими нейронами. Притом, каждая связь характеризуется некоторой величиной, называемой силой синоптической связи (весом). В многослойном персептроне используется сигмоидаальный тип нейрона, работу которого можно описать парой уравнений 1 и 2 [1].

$$u_k = \sum_{j=1}^N w_{kj} x_j \quad (1)$$

$$y_k = \varphi(u_k + b_k), \quad (2)$$

где x_j – входные сигналы, w_{kj} – синаптические веса нейронов, u_k – линейная комбинация входных воздействий, φ – функция активации, y_k – выходной сигнал нейрона. В работе использовались в качестве функции активации: логистическая функция и функция гиперболического тангенса.

У нейронных сетей много важных свойств, но ключевое из них – это способность к обучению. Обучение нейронной сети в первую очередь заключается в изменении «силы» синаптических связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными и выходными данными, а также выполнять обобщение. Это значит, что в случае успешного обучения сеть сможет сформировать верный результат на основании данных, которые отсутствовали в обучающей выборке, а также неполных и/или «зашумленных», частично искаженных данных.

Для обучения сети использовались:

- 1) алгоритм наискорейшего спуска с моментами и метод обратного распространения ошибки (Backprop) [1];
- 2) эвристический алгоритм RPROP [2];
- 3) эвристический алгоритм Quickprop [2].

Критерием останова обучения является достижение заданной погрешности, которая сравнивается со стандартным отклонением, которое рассчитывается по формуле 3 [1], либо достижение ограничения по количеству итераций.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - y_{\phi i})^2}, \quad (3)$$

где y_i – значение индекса, полученное сетью, $y_{\phi i}$ – фактическое значение индекса.

Для тестирования сетей была реализована загрузка статистики по 4 индексам фондовых бирж: Dow Jones, SnP 500, Nasdaq Composite, Hang Seng, для проверки прогнозирующих возможностей сети используем индекс Nasdaq Composite [3].

Nasdaq Composite – фондовый индекс, составленный из обыкновенных акций и подобных финансовых инструментов всех компаний, торгующихся на бирже NASDAQ. Включает в себя более 3000 американских и неамериканских корпораций. В силу специфики биржи NASDAQ индекс считается важным показателем динамики курсов ценных бумаг высокотехнологичных и быстро растущих компаний [4];



Для прогноза использовались выборка максимальных значений индекса за период с 07.12.2011 по 15.10.2012, значения индекса измерялись каждый день работы фондовых рынков.

В результате проведенных исследований было определено оптимальное сочетание параметров сети (количество входных и выходных нейронов, число нейронов в скрытых слоях, количество скрытых слоев), параметров обучения (постоянной момента и обучения), используемого алгоритма обучения, функции активации.

Исследуем зависимость СКО тестирования от алгоритма обучения и функции активации при следующих параметрах:

- тестовая выборка – 100 индексов; число итераций обучения 1000;
- коэффициент обучения, момента – различные для различных алгоритмов;
- входной слой – 5 нейронов, выходной – 4.

Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Зависимость СКО от алгоритма обучения, функции активации

Функция активации Алгоритм обучения	Сигмоидальная функция активации	Функция активации ги- перболического тангенса
Backprop	0,000296	0,000198
RPROP	0,000832	0,00111
Quickprop	0,00126	0,000925

Таким образом, наилучший прогноз для данного индекса дает нейронная сеть, обученная с помощью алгоритма наискорейшего спуска с моментами и метода обратного распространения ошибки и функции активации гиперболического тангенса.

Исследуем зависимость СКО тестирования от алгоритма обучения, количества нейронов в скрытом слое при следующих параметрах:

- тестовая выборка – 100 индексов; число итераций обучения 1000;
- коэффициент обучения (n), момента(m) - указаны в таблице;
- входной слой – 5 нейронов, выходной – 4;
- функция активации – гиперболического тангенса;

Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Зависимость СКО от алгоритма обучения, числа нейронов в скрытом слое

Алг. обучения Скрытый слой	Backprop (n=0.015, m=0.9)	RPROP	Quickprop (m=0.2)
0	0,000203	0,001037	0,001806
1	0,001589	0,001508	0,002127
3	0,0017089	0,001612	0,002535
5	0,001687	0,001605	0,002182
7	0,00417	0,001698	0,003652



Таким образом, оптимальное число нейронов в скрытом слое для данного индекса для любого алгоритма обучения равно 0.

Оптимальная конфигурация сети для поставленной задачи прогнозирования оказалась: входной слой нейронной сети – 5 нейронов, скрытый слой отсутствует, выходной слой – 4 нейрона, коэффициент момента – 0,2, коэффициент обучения – 0,9, при использовании алгоритма наискорейшего спуска с моментами и метода обратного распространения ошибки и функции активации гиперболического тангенса. Полученный прогноз представлен на рисунке 1.

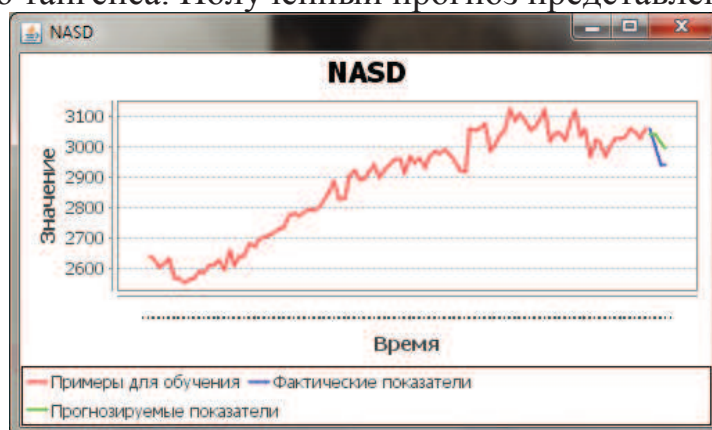


Рис. 1. Наилучший прогноз на 4 дня для индекса Nasdaq
(Алгоритм обучения – Backprop)

Так же для алгоритма обратного распространения ошибки было реализовано дообучение на одну итерацию обучения (на один день). После дообучения сети оптимальной конфигурации был получен более точный прогноз (рис. 2).

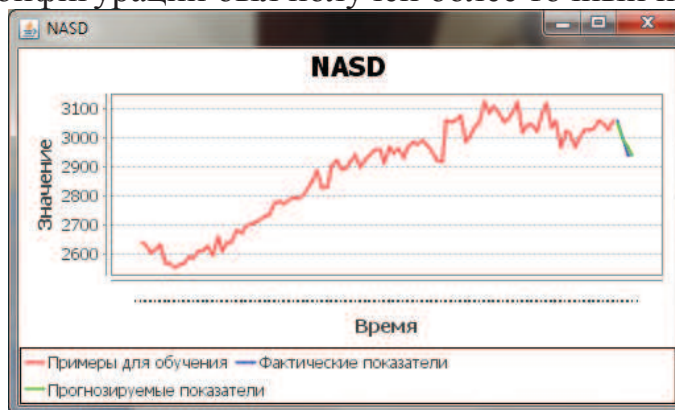


Рис. 2. Прогноз на 4 дня для индекса Nasdaq
(Алгоритм обучения – Backprop) после дообучения

Литература

3. Хайкин С. Нейронные сети. – М. : Вильямс, 2006. – 1104 с.
4. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и статистика, 2002 – 344 с.
5. РосБизнесКонсалтинг [Электронный ресурс] - <http://export.rbc.ru/>
6. National Association of Securities Dealers Automated Quotation - NASDAQ Composite [Электронный ресурс] - <http://www.nasdaq.com/>



И.В. Лёзина, А.Е. Краснов

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПЛОТНОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ НЕЧЕТКИМ МНОГОСЛОЙНЫМ ПЕРСЕПТРОНОМ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Решение задачи идентификации является одним из важнейших применений нейронных сетей. Задача идентификации при распознавании плотности распределения вероятности формулируется следующим образом: имеется числовой набор точек X , которые являются координатами вершин столбцов в гистограмме. Необходимо по данному числовому набору X определить, к какой плотности распределения вероятности относится данная гистограмма.

В качестве идентификатора была выбрана сеть модели нечеткий многослойный персептрон. Данная сеть была выбрана из-за того, что при идентификации возникает пересечение классов. С учётом ярко выраженной двухкомпонентной структуры гибридной сети для её обучения применяется алгоритм, состоящий из двух этапов. На первом этапе обучения будем использовать алгоритм нечеткой самоорганизации C-means.

Рассмотрим основные математические формулы, применяемые в этом алгоритме [1]. Подаваемый на вход сети вектор x будет принадлежать к различным группам, представляемым центрами c_i , в степени u_{it} , причем $0 \leq u_{it} \leq 1$, а суммарная степень принадлежности ко всем группам, очевидно, равна единице.

Поэтому:

$$\sum_{i=1}^M u_{it} = 1 \quad (1)$$

Первичная инициализация центров функции Гаусса:

$$c_i = \frac{\sum_{t=1}^P (u_{it})^m x_t}{\sum_{t=1}^P (u_{it})^m} \quad (2)$$

Функцию погрешности можно определить как сумму частных погрешностей принадлежности к центрам c_i с учетом степени принадлежности u_{it} . Следовательно:

$$E = \sum_{i=1}^M \sum_{t=1}^P (u_{it})^m \|c_i - x_t\|^2 \quad (3)$$

Новые значения степеней принадлежности:



$$u_{it} = \frac{1}{\sum_{k=1}^M \left(\frac{d_{it}^2}{d_{kt}^2} \right)^{\frac{1}{m-1}}} \quad (4)$$

Алгоритм C-means можно разбить на следующие итерации:

1. Выполнить случайную инициализацию коэффициентов u_{it} , выбирая их значения из интервала $[0,1]$ таким образом, чтобы соблюдать условие (1).
2. Определить M центров в соответствии с (2).
3. Рассчитать значение функции погрешности в соответствии с (3). Если её значение ниже установленного порога, либо если уменьшение этой погрешности относительно предыдущей итерации пренебрежимо мало, то закончить вычисления. Иначе, перейти к п.4.
4. Рассчитать новые значения по формуле (4) и перейти к п.2.

Многократное повторение итерационной процедуры ведёт к достижению минимума функции E , который необязательно будет глобальным.

На втором этапе обучения будем использовать алгоритм обратного распространения ошибки. Данный алгоритм сводится к корректировке синоптических связей по формулам:

$$w(t+1) = w(t) + \Delta w, \quad (5)$$

$$\text{где } \Delta w = \eta p(w) \quad (6)$$

Обучение многослойной сети с применением градиентных методов требует определения вектора градиента относительно весов всех слоев сети, что необходимо для правильного выбора направления $p(w)$. Эта задача имеет очевидное решение только для весов выходного слоя. Для других слоев используется алгоритм обратного распространения ошибки, который определяется следующим образом [2]:

1. Подать на вход сети вектор x и рассчитать значения выходных сигналов нейронов скрытых слоев и выходного слоя, а также соответствующие производные функций активации каждого слоя (m – количество слоев).
2. Создать сеть обратного распространения ошибок путем изменения направления передачи сигналов, замены функций активации их производными и подачи на бывший выход сети в качестве входного сигнала разности между фактическими и ожидаемыми значениями.
3. Уточнить веса по формулам (5) и (6) на основе результатов, полученных в п.1 и п.2 для исходной сети и для сети обратного распространения ошибки.
4. Пункты 1, 2, 3 повторить для всех обучающих выборок, вплоть до выполнения условия остановки: норма градиента станет меньше заданного значения ϵ , характеризующего точность обучения.

В начале работы системы необходимо выбрать несколько законов распределения вероятности. Форма выбора законов распределения вероятности представлена на рисунке 1.

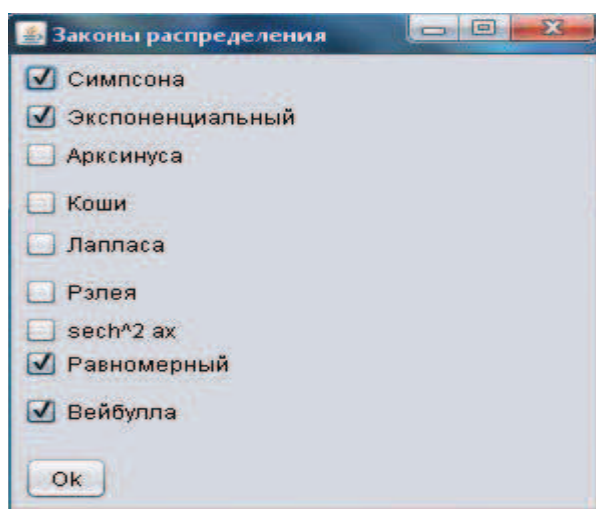


Рис. 1. Выбор законов распределения вероятности

После завершения обучения нейронной сети будет показана форма с результатами тестирования сети и статистикой по обучению. Данная форма представлена на рисунке 2.

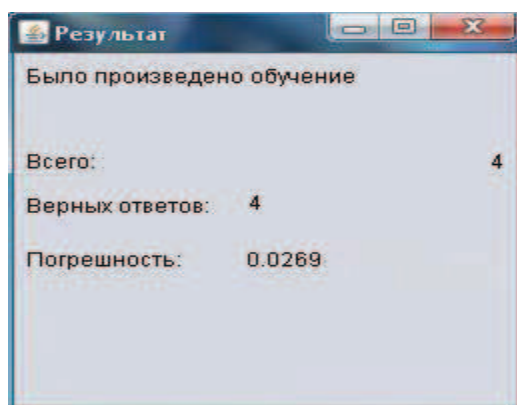


Рис. 2. Графическое отображение результатов тестирования
и статистики по обучению

Зависимость качества идентификации от числа нейронов в нечетком слое представлено в таблице 1. Идентификация проводилась с разным количеством выбранных законов распределения при числе обучающих выборок равных 10 и при числе дифференциальных коридоров на гистограмме равном 20.

Таблица 1 – Зависимость качества идентификации
от числа нейронов в нечетком слое

Количество нейронов в нечетком слое	Количество выбранных законов распределения вероятности	Программа иден- тифицировала в %
4	4	75
5	4	50
6	5	60
7	5	40
8	6	68
9	7	71

Из таблицы видно, что наилучшее качество идентификации достигается при количестве нейронов в нечётком слое равном 4.



Литература

1. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Издательский дом «Финансы и статистика», 2002. – 344 с.
2. Уоссерман Ф. Нейрокомпьютерная техника: теория и практика / пер. с англ. Ю.А. Зуев. – М.: Издательский дом «Мир», 1992. – 184 с.

Е.М. Пудикова

АНАЛИЗ ПОТОКА ОШИБОК В ПРОМЫШЛЕННОЙ СИСТЕМЕ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОНЕЧЁТКОГО КЛАССИФИКАТОРА И БАЙЕСОВСКОЙ СЕТИ ВЫВОДА

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Современные промышленные системы требуют постоянного мониторинга, так как в сегодняшних условиях веб фреймворк не просто приложение, работающее на единственном сервере – инстансе, но комплексная распределенная система, работающая в неоднородных условиях. В таких условиях системы могут подвергаться нагрузкам, превышающие предусмотренные разработчиками. Промышленная система состоит из нескольких интегрированных продуктов, которые должны работать согласованно, однако часто подобные интеграции дают сбой.

В описанной ситуации ошибки в системе, могут возникать не только как единичные примеры, но образовывать потоки ошибок, которые нуждаются в анализе и корректировке, для того, чтобы вернуть систему в работоспособное состояние. Ввиду этого, данную проблему можно решить при помощи разработки системы, которая будет способна классифицировать ошибки, поступающие в неё на анализ, и на основе результатов классификации определять вероятное решение проблемы, подходящее для данной ошибки.

В качестве входных данных система должна использовать набор сообщений на английском языке, содержащий описание произошедшего ошибочного события, и требующий мониторинга. В качестве выходного результата система должна определять к какому из 5 основных классов сообщений: NCDefect; OtherDefect; ManualTask; AutoTask; InfoTask; относится данная ошибка.

Таким образом, основной задачей системы является определение семантики сообщения, при этом, его семантическим смыслом будет являться класс сообщения. В данной работе для решения подобной задачи исследуются два подхода: байесовская сеть и нейронная нечёткая продукционная сеть. В качестве входных данных использовался реальный поток ошибок, сгенерированный



фреймворком в процессе его работы. Этот набор данных был проанализирован экспертами, и на основе их выводов были получены следующие результаты:

1. Отобраны сообщения, которые содержат семантические признаки, на основе которых можно определить соответствующий класс сообщения. Генерируемая выборка сообщений была очищена от нечетких сообщений, которые эксперты не могли корректно классифицировать.

2. Построены семантические правила, позволяющие точно классифицировать сообщения. Эти семантические правила будут использоваться в модели байесовской сети классификации.

3. Определена опытным путем стратегия обучения, позволяющая быстро формировать семантические правила. Шаг обучения должен составлять не более трех примеров. Для наискорейшего обучения требуется подавать на вход первыми сообщения, наиболее точно подходящие данному классу, и лишь затем подавать все более и более нечеткие примеры. Это нужно для того, чтобы центры классов при машинном обучении были определены как можно быстрее.

4. Определено, что полнота семантических правил зависит от статистики представляемых примеров. Все эксперты, при анализе сначала применяют сформированное ими семантическое правило, и, если оно не дало корректного результата, обращаются к правилам, основанным на статистике, а затем корректирует семантическое правило до тех пор, пока оно не даст корректный результат.

В данной работе байесовская сеть используется в качестве системы, осуществляющей вывод на основе сформированных экспертных правил, которые будут отражены в структуре сети в виде вероятностных оценок. Примером такого правила является следующее: если сообщение содержит любой синоним слов «ошибка» или «поломка», и объектами действия или контекста являются сущности, принадлежащие NC, то это NCDefect. В терминах байесовской сети описанное правило будет представляться узлами предпосылками (ошибки и объекты NC), их совместное появление будет означать увеличение вероятности следствия в виде класса NCDefect. Результаты работы байесовской сети будут сравниваться с работой нечеткого нейроклассификатора для проверки полноты правил, формируемых нейронной сетью. В качестве используемой нейронечеткой модели будет использоваться модификация нечеткой сети Ванга-Менделя. Ее схема представлена на рисунке 1.

Выбор данной модели связан с тем, что в процессе обучения такой сети, формируются нечеткие правила, основанные на группе нечетких предпосылок. Каждый слой этой сети будет иметь несколько выходных нейронов, связанных с соответствующим классом. В ней будет два нечетких слоя. Первый слой содержит выходные нейроны, которые будут представлять синонимы слов, входящих на вход сети. По сути, синоним – это класс слова, приводящий к одному и тому же выводу, при применении к нему семантического правила. Вторым слоем в качестве входных нейронов будет использовать выходные нейроны предыдущего слоя. А выходами сети будут являться искомые 5 классов. Алгоритм обучения для данной сети будет гибридным и состоящим из двух фаз:



- 1) определения положения центров нечетких правил и их числа;
- 2) уточнения нечетких правил с помощью алгоритма обратного распространения ошибки.

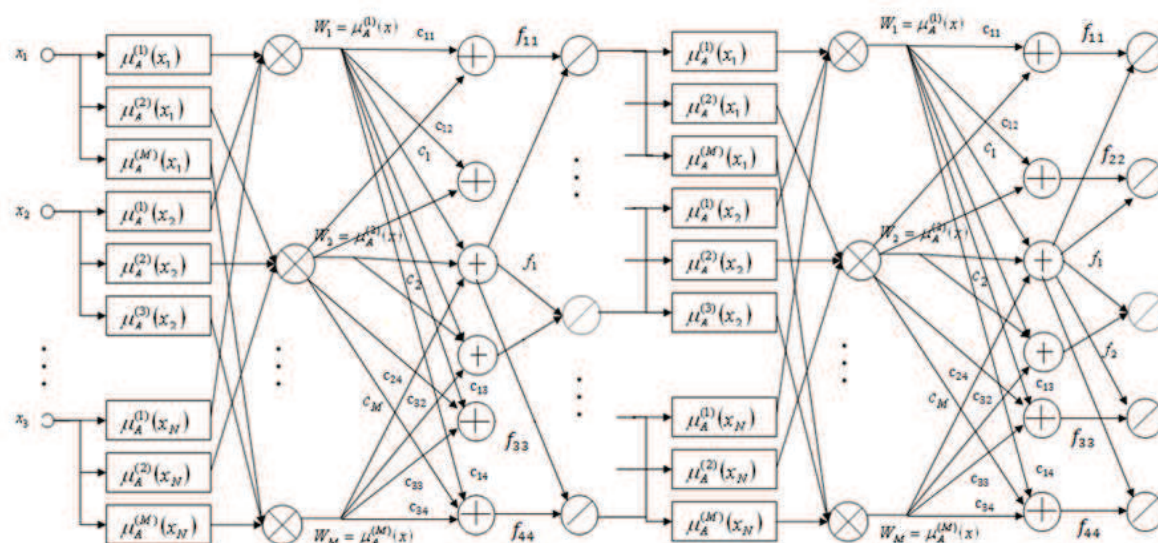


Рис. 1. Схема модели сети Ванга-Менделя

Оба алгоритма, участвующие в фазах обучения такой сети, модифицированы в соответствии с построенной моделью. В качестве функции нечеткой предпосылки используется функция Гаусса, так как она подходит для решения задачи семантического анализа в соответствии с мерой закона Ципфа, который говорит, что распределение семантически значимых слов по отношению к определенному семантическому классу определено по нормальному закону распределения.

На вход нейронечеткому классификатору подаются сообщения, отображенные в числовое пространство с помощью хэш-функции. При этом, на вход каждого нейрона приходит единственное преобразованное слово. Все слова очищены от морфологических признаков, для того, чтобы облегчить процесс анализа сети.

Литература

1. Круглов В.В., Дли М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 224 с.
2. Новак В., Перфильева И., Мочкорж И. Математические принципы нечеткой логики. – М.:ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 347 с.
3. Андреев А.М., Березкин Д.В., Морозов В.В. Автоматическая классификация текстовых документов с использованием нейросетевых алгоритмов и семантического анализа. – Материалы НПЦ «Интеллект плюс»



И.В. Травкин, М.С. Меркулов

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ БЕЗОПАСНОСТИ

(ЗАО «Интегра-С»)

В современном обществе наблюдается рост количества техногенных катастроф, обострение конкурентной борьбы на рынках продукции, возможных угроз террористических актов и других негативных явлений. При этом создание систем мониторинга состояния объектов и обеспечение безопасности становится одной из важнейших задач. В защите нуждаются не только стратегически важные объекты оборонного назначения, энергетики, транспорта и связи, промышленных предприятий, но и вся инженерная и социальная инфраструктура регионов и муниципальных образований – здравоохранение, образование, коммунальные службы, жилые дома и места проведения массовых мероприятий.

Основными направлениями развития технологий проектирования распределенных интегрированных систем мониторинга состояния объектов и территорий являются повышение уровня интеллектуализации устройств сбора и обработки данных, применение различных каналов передачи данных между объектами, органами управления и принятия решений, различными службами безопасности на корпоративном (отраслевом), региональном (муниципальном) и государственном (федеральном) уровне [1 – 3].

С развитием информационной инфраструктуры государства растут и масштабы охраняемых объектов, как следствие, разработчикам интеллектуальных интегрированных систем безопасности рано или поздно приходится задумываться о применении решений ориентированных на работу с геопространственными данными. Если раньше для решения задач мониторинга объектов безопасности оператору было достаточно иметь некоторое схематическое изображение объекта, с размещёнными на нём элементами системы безопасности (датчики, исполнительные механизмы, камеры наблюдения), то в современных реалиях, когда речь идёт о наблюдении за глобальными и распределёнными объектами типа городов, областей и даже стран, этого явно недостаточно. В ЗАО «Интегра-С» разработана ИИСОКБ распределенных предприятий, структура которой приведена на рис. 1.

В состав системы входят:

- 1) типовая геоинформационная система (ГИС);
- 2) редактор 3D моделей зданий и сооружений;
- 3) Интеллектуальная система интеграции типовых компонент систем мониторинга и обеспечения безопасности «Интеграция»;
- 4) система отображения данных;
- 5) средства идентификации и обеспечения работы удаленных пользователей с применением «электронной подписи»;



- 6) система контроля и управления доступом (СКУД);
- 7) охранно-пожарная сигнализация;
- 8) система обеспечения жизнедеятельности;
- 9) средства видеонаблюдения и видеоконференцсвязи;

Структура системы приведена на рисунке 1.



Рис. 1. Структура интегрированной геоинформационной системы безопасности

Работа с территориально распределёнными объектами значительно облегчается с использованием современных средств обработки геоинформационных данных, примером такой системы может послужить интерфейс ИИСБ «Интеграция» основанный на связке OpenSceneGraph и PostGIS [4].

OpenSceneGraph — открытый, высокопроизводительный 3D движок используемый специалистами многих областей компьютерного моделирования для создания сцен виртуальной реальности, визуализации научных приложений, создания компьютерных игр. Будучи написанным на языке C++ и используя API OpenGL, движок поддерживает большинство популярных платформ Windows, Mac OS X, Linux, IRIX, Solaris и FreeBSD.

PostGIS представляет открытое расширение СУБД PostgreSQL, дополняющее список имеющихся типов типами предназначенными для хранения и обработки геопространственных данных. Необходимо отметить, что важным моментом является не только и не столько наличие типа данных позволяющего хранить географические данные в оптимальной форме, но и способов обработки этих данных. Обширный набор функций позволяет решать подавляющее большинство задач возникающих во время анализа пространственных данных, пересечение областей, принадлежность точки области, касание, возможность анализа взаимного расположения фигур, вот далеко неполный список доступных аналитических функций PostGIS [4]. Формируя запросы, содержащие выше обозначенные функции, мы можем решать задачи связанные с относительным расположением как точечных, так и протяженных географических объектов. Примером такой задачи может послужить определение нахождения объекта в некоторой заданной области.

Средство для работы с геоинформационными данными, включенное в состав ИИСБ «Интеграция», основанное на описанных выше решениях комбинирует отображение векторных карт и трёхмерных объектов. В частности модели



зданий формируются по следующему алгоритму: данные хранящиеся в PostGIS обрабатываются специальным открытым ПО и рендерятся в тайлы (фрагменты изображения), после чего тайлы передаются в OpenSceneGraph где тайлы накладываются на сферу представляющую поверхность земного шара, а затем из той же PostGIS получают данные о зданиях отображение которых становится трёхмерным (то есть здания как бы «выдавливаются» из плоской картинки). Геопривязанные 3D планы позволяют отображать на них истинную картину размещения статических и подвижных объектов безопасности.

Для наиболее масштабных решений, таких как мониторинг перемещения кораблей по акватории, иногда более предпочтительно использовать географические движки векторных карт типа GMap.NET. Большое количество поддерживаемых форматов карт, таких как Google, Yandex, OpenStreetMap, ArcGIS делают движок Gmap.NET мощным, но в то же время достаточно удобным и несложным в освоении средством, как для внедрения поддержки векторных карт в уже существующие приложения, так и разработки «с нуля». Гибкость возможных решений так же основана на доступности как открытых, так и коммерческих источников геопространственных данных. Несмотря на то, что последние имеют большую детализацию, они зачастую могут оказаться избыточными для ряда задач не связанных с точным позиционированием объектов. Другим несомненным преимуществом некоммерческих источников геоданных является наличие развитого сообщества построенного на принципах открытости и всеобщей доступности. Карты обновляются практически постоянно и сообщество OpenStreetMaps, используя принцип вики, позволяет множеству людей вносить свою лепту в создание карт максимально соответствующих действительности.

Литература

1. Прохоров С.А., Федосеев А.А., Денисов В.Ф., Иващенко А.В. Методы и средства проектирования профилей интегрированных систем обеспечения комплексной безопасности предприятий наукоемкого машиностроения // Самара: Самарский научный центр РАН, 2009. – 199 с.
2. Куделькин В.А, Денисов В.Ф. Методы и инструментальные средства мониторинга состояния комплексной безопасности стратегических объектов и территорий // Журнал «Мониторинг. Наука и безопасность». – М., 2012. – №2 (6). – с. 16 – 24
3. Куделькин В.А., Денисов В.Ф., Белоусов А.И. Технологии мониторинга состояния распределенных объектов и территорий // Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникациях и бизнесе (IT+SE 2012, майская сессия). Приложение к журналу «Открытое образование». – с. 41 – 44
4. PostGIS // Режим доступа: <http://postgis.refrations.net/>



РАСПОЗНАВАНИЕ СИМВОЛОВ В ДРЕВНИХ МАНУСКРИПТАХ С ПОМОЩЬЮ ЕДИНСТВЕННОГО ЭКЗЕМПЛЯРА УЧЕБНОЙ ВЫБОРКИ

(University of California, Riverside, USA)

Интерес к прошлому был достаточно высок во все времена, и, как известно, одними из самых ценных источников древнего знания были письменные источники. До наших дней сохранилось немало древнейших документов, которые сейчас привлекают особо пристальное внимание, т.к. современные технологии позволяют разместить в сети огромное количество фотокопий древнейших манускриптов для всеобщего доступа [1 – 3]. В связи с этим на текущий момент немало научных работ посвящены исследованию и распознаванию древних рукописных и печатных документов.

Обычные техники сканирования и распознавания документов (Optical Character Recognition Systems – OCR) в данном случае работают достаточно плохо в связи с тем, что каждый документ имеет свой, порой уникальный, способ написания символов, а кроме того, если возраст документа насчитывает несколько столетий, материал манускрипта подвергается деградации. Это отчетливо видно на примере средневековой энциклопедии Liber Floridus [4, 5], фрагмент первой страницы которой представлен на рисунке 1.

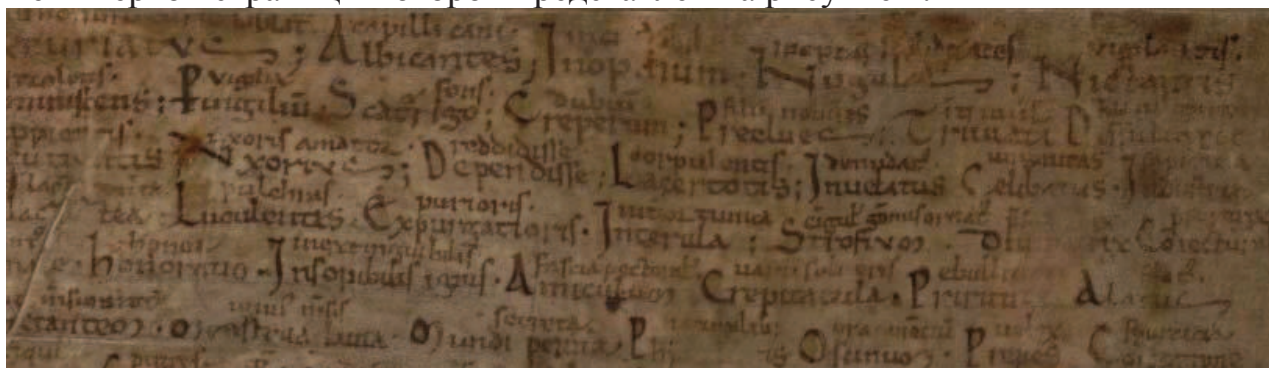


Рис. 1. Фрагмент первой страницы средневековой энциклопедии Liber Floridus

Поэтому очень часто для обработки и распознавания древних манускриптов применяется человечески труд, стоимость которого в разы превышает любую машинную обработку. Исследователи добились значительных результатов в компьютерных системах, работающих в диалоговом режиме, где программная система проводит предварительную классификацию, а затем представляет на суд пользователя наиболее сложные случаи. Например, такой подход применяется в [6, 7]. Авторы этих работ анализируют свойства конкретного документа и с помощью автоматизированных средств проводят его распознавание и анализ.

Но даже применяя работу вручную, не всегда получается добиться значительных результатов. Другой проблемой является недостаточный объем учебной выборки для каждого конкретного символа, т.к. для классификации неиз-



вестного символа нужно как можно больше примеров способов его написания. Для расширения выборки часто применяется техника, называемая Semi-Supervised learning (SSL). Суть этой техники заключается в том, что для классификации применяется не только выборка данных, предварительно подготовленных и классифицированных человеком, но и данные, которые были классифицированы программной системой в ходе распознавания, в нашем случае, символов текста древнего манускрипта. Таким образом получается расширить учебную выборку за счёт новых, только что полученных в ходе классификации, данных.

В целом, задача классификации мультимедийных данных сложнее, чем данных, которые можно описать набором свойств и их значений, представленным с помощью N-мерного вектора действительных чисел. Во втором случае речь идёт об анализе числовых данных, различие между которыми можно посчитать численно, применив некоторую функцию. В случае же мультимедийных, графических данных древних манускриптов, выразить свойства каждого символа помощью некоторого численного вектора крайне сложно. Одним из подходов является описание изображения с помощью контурной гистограммы [9, 10] с дальнейшим применением нейронных сетей для классификации.

Однако, данный метод был показан менее эффективным, чем анализ текстур [11]. Предложенный метод СК-1 (названный по фамилиям авторов: Samprana-Keogh) показал высокую эффективность и точность в классификации и распознавании изображений в самых различных областях, в том числе, и анализе древних манускриптов [12]. Данный метод основан на теоретическом концепте колмогоровской сложности. Колмогоровская сложность строки $K(x)$ определена как длина кратчайшей программы, способной произвести x на универсальном компьютере (таком, как машина Тьюринга). Чтобы определить различие двух изображений, основываясь на принципе колмогоровской сложности, было рассмотрено несколько другое толкование этого понятия. Условная сложность $K(x|y)$ определена как длина кратчайшей программы, которая может вычислить x , если y является входным параметром. Другими словами, авторы описывают свою метрику как сравнение условных сложностей $K(x|y)$ и $K(y|x)$ к $K(xy)$, где последнее – длина программы, которая может вывести конкатенированную строку xy . Метрика может быть описана выражением (1):

$$d_k(x, y) = \frac{K(x|y) + K(y|x)}{K(xy)} \quad (1)$$

К сожалению, колмогоровскую сложность практически невозможно выразить численно, поэтому авторы [11] применили аппроксимацию и при помощи алгоритма сжатия данных, такого как использован в MPEG. Таким образом, для примера, можно представить, что СК-1 вычисляется как разница между двумя фреймами некоторой киноплёнки, где один фрейм – это первое изображение из учебной выборки, а второй – изображение, класс которого необходимо определить.

Метрика СК-1 появилась сравнительно недавно, поэтому на текущий момент ведутся работы по оптимизации применения её в различных областях. Ав-



тор данной статьи занимается изучением и анализом применения СК-1 в области исторических манускриптов для лучшего распознавания древних символов. В частности, изучением возможностей классификации символов, имея в учебной выборке малое число экземпляров.

Литература

1. Google Books Library Project,
2. <http://www.google.com/googlebooks/library.html>
3. Million Book Project (or the Universal Library), <http://www.ulib.org/>
4. The Centre d'Études Supérieures de la Renaissance, <http://cesr.univ-tours.fr/>
5. Derolez A., Lamberti S. Audomari canonici liber floridus: Codex autographus bibliothecae universitatis gandavensis, Ghent, 1968
6. Liber Floridus on-line <http://www.liberfloridus.be/>
7. Asi A., Rabaev I., Kedem K., El-Sana J. User-assisted alignment of arabic historical manuscripts // Proceedings of the 2011 Workshop on Historical Document Imaging and Processing (HIP'11), 2011. – pp. 22 – 28
8. Rabaev I., Biller O., El-Sana J., Kedem K., Dinstein I. Case study in Hebrew character searching // International Conference on Document Analysis and Recognition (ICDAR2011), 2011. – pp. 1080 – 1084
9. Chapelle O., Schölkopf B., Zien A. Semi-supervised learning. Cambridge, Mass.: MIT Press, 2006
10. Ha T.M., Bunke H. Handwritten numeral recognition by perturbation method // Proc. Fourth Int'l Workshop Frontiers of Handwriting Recognition, Taipei, Taiwan, Dec. 7-9, 1994. – pp. 97 – 106
11. Ha T.M., Bunke H. Design, implementation, and testing of perturbation method for handwritten numeral recognition // Technical Report IAM-96-014, Inst. of Computer Science and Applied Mat., University of Berne, Switzerland, 1996
12. Campana B., Keogh E. A compression based distance measure for texture // Proceedings of the 2010 SIAM International Conference on Data Mining (SDM'10), 2010. – pp. 850 – 861
13. Hu B., Rakthanmanon T., Campana B., Mueen A., Keogh E. Image mining of historical manuscripts to establish provenance // Twelfth SIAM International Conference on Data Mining (SDM 2012), 2012

Д.Ю. Чемоданов

НОВАЯ МЕТРИКА ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ, БАЗИРУЮЩАЯСЯ НА ЭКСТРЕМАЛЬНОМ ПРИНЦИПЕ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

В современных сетях используются различные принципы маршрутизации, наиболее трудоёмкий способ определения маршрута статический. Глобальная сеть состоит из огромного числа маршрутизирующих узлов, которое



постоянно растет, поэтому невозможно ограничиться только статической маршрутизацией. Поиск маршрута в современных сетях осуществляется динамически. Каждый протокол маршрутизации, будь то внутридоменный протокол RIP, OSPF, EIGRP, или междоменный BGP, опирается на соответствующую метрику маршрутизации.

Суть нашей работы состоит в попытке построить метрику динамической маршрутизации, основываясь на экстремальном принципе. Различные области физики давно оперируют с понятием экстремума для специально выбранной величины. В качестве первоосновы для последующего анализа был выбран принцип Ферма, как наиболее близкий для динамического поиска сетевого маршрута:

$$\delta \int_A^B n dl = 0$$

или для сред с постоянным показателем преломления:

$$S = \min \sum_i n_i l_i$$

В качестве действия, был выбран трафик, который в данный момент обслуживается на маршруте. Для нахождения этого трафика используется закон Литтла из теории массового обслуживания (ТМО):

$$N = \lambda T$$

Закон Литтла позволяет найти трафик, который в данный момент обслуживается системой на исследуемом маршруте:

$$F = \sum_{i=1}^N (C_i - B_i) D_i$$

Однако данная функция не учитывает влияние потерь пакетов на участке сети, с учетом потерь:

$$F = \sum_{i=1}^N (C_i - B_i) (D_i + p_i D_i^{buf})$$

Функция из уравнения выше может быть выбрана в качестве аналога действия в физике. Условие минимума для этой величины позволяет выбрать оптимальный маршрут:

$$\min_{j=1,K} F_j = \min_{j=1,K} \left[\sum_{i=1}^N (C_i - B_i) (D_i + p_i D_i^{buf}) \right]_j$$

Далее проведем сравнение найденной метрики с метриками базовых протоколов маршрутизации. Самый простой протокол динамической маршрутизации это **RIP**. В качестве метрики используется количество участков маршрута (hop). Положим в найденной метрике маршрутизации:

$$B_i = B, C_i = C, D_i = D, p_i = 0, \text{ тогда:}$$

$$F = (C - B) D \cdot \min_{j=1,K} [N_j]$$



OSPF предлагает оптимальное использование пропускной способности, метрика определяет вес ребра графа, как $10^6/B_i$. Для сравнения возможных K маршрутов строится суммарная метрическая функция $F_j = \sum_{i=1}^N 10^6/B_i$, далее выбирается маршрут с наименьшим значением метрики:

$$F^{OSPF} = \min_{j=1,K} \sum_{i=1}^N \frac{10^6}{B_i}.$$

В данном уравнении представим задержку пакета при передаче его по отдельному участку сети суммой двух слагаемых:

$$D_i = \frac{l_i}{0,6c} + \frac{W}{B_i}$$

Для внутридоменной маршрутизации характерны каналы передачи данных небольшой длины, поэтому в уравнении выше следует принять $l_i = 0$, тогда метрическая функция без учета потери пакетов равна:

$$F_i^{th} = \frac{C_i W}{B_i} - W$$

Так как доступная полоса всегда меньше емкости канала, то метрическая функция из уравнения всегда положительная. Она с точностью до постоянной совпадает с метрикой **OSPF**.

Однако учет длины канала передачи данных позволяет определить границы применимости метрики **OSPF**, равно как и пути дальнейшей модернизации метрической функции. В этом случае метрическая функция на участке маршрута может быть представлена в виде

$$F_i^{th} = \frac{C_i l_i}{0,6c} - W - \frac{l_i}{0,6c} B_i + \frac{W C_i}{B_i}$$

Первые три члена этого уравнения представляют собой аффинную функцию относительно переменной B_i . Теоретическая метрика F_i^{th} из уравнения и метрика **OSPF** F_i^{OSPF} совпадают с точностью до константы, когда доступная ширина канала равна

$$B_i^0 = C_i - \frac{0,6cW}{l_i}$$

Для того чтобы понять насколько отличаются две метрики найдем абсолютную ошибку метрики ΔF для значения $B_i = B_i^0 - k C_i$, где k - некий постоянный коэффициент.

$$\Delta F_i = F_i^{th} - F_i^{OSPF} = k C_i \left(\frac{l_i}{0,6c} + \frac{W C_i}{B_i^2} \right)$$

Обратная зависимость при сравнительно малой длине канала ($l_i \ll cW/B_i$) и без учета потери пакетов описывает процесс динамической маршрутизации достаточно хорошо.



У метрики *EIGRP* есть несколько отличий от *OSPF*. Во-первых, данная метрика относится ко всему маршруту, ее невозможно вычислить для отдельных участков. Кроме того, метрика *OSPF* отличается от теоретически найденной и при суммировании ее по участкам маршрута ошибка может накапливаться, особенно если на канале не выполняется условие $l_i \ll cW/B_i$. Также метрика *OSPF* не учитывает потери пакетов на маршруте.

Метрика *EIGRP* включает пять основных переменных (по умолчанию используются только две. Если значения базовых коэффициентов равны значениям по умолчанию, то с учетом весовых коэффициентов, *EIGRP* метрическая функция будет находиться как:

$$W = \text{bandwidth} + \text{delay}$$

Для междоменной маршрутизации нельзя игнорировать длину каналов передачи данных в уравнении для задержки. В этом случае первое слагаемое из левой части уравнения становится доминирующим:

$$D = \sum_{i=1}^N D_i = \frac{\sum_{i=1}^N l_i}{0,6c} + \sum_{i=1}^N \frac{W}{B_i}$$

Первое слагаемое равно общей протяженности маршрута к скорости распространения сигнала, второму же слагаемому можно дать оценку сверху:

$$\sum_{i=1}^N \frac{W}{B_i} \leq \frac{NW}{\min_{i=1..N} B_i} = \frac{NW}{B}$$

Уравнение для оценки погрешности *OSPF* указывает на то, что метрика *OSPF* в общем случае должна быть дополнена слагаемым, пропорциональным задержке пакетов на маршруте D .

В тоже время наличие второго слагаемого в уравнении для задержки позволяет сделать важный вывод о весовом коэффициенте для метрик *EIGRP*. Для этого вместо коэффициента kC изменяют единицу измерения задержки пакета. В уравнении метрики *EIGRP* первый член пропорционален $10^6/B$, в то время как второй член содержит слагаемое $10^4/B$. Для того, чтобы привести оба слагаемых к единой шкале, необходимо ввести дополнительный множитель 10^2 . На практике это означает, что задержка в метрике *EIGRP* измеряется в десятках миллисекунд, а не в секундах.

Для того чтобы воспроизвести зависимости, найденные в метрике, основанной на экстремальном принципе, понадобилось введение многочисленных весовых коэффициентов. Наиболее полная метрика *EIGRP* содержит все тот же набор сетевых величин, что используется для вычисления найденной метрики, а подбор весовых коэффициентов позволяет правильно сравнить метрику *EIGRP* в выбранных диапазонах значений.

Вопрос практической реализации найденной метрики и создание нового алгоритма маршрутизации не рассматривался в данной работе, так как требует отдельных экспериментальных исследований с тем, чтобы рассчитывать метри-



ку, основанную на экстремальном принципе, с наименьшими затратами, не загружая сеть измерениями и не позволяя маршруту часто изменяться.

Отдельно стоит вопрос и о дальнейших теоретических исследованиях, так как принцип экстремумов неразрывно связан с вариационным принципом. Основное, понять, как производить вариацию переменных и что будет описывать полученное уравнение. Вероятно, что оно будет описывать особенности маршрутизации на единичном роутере с несколькими маршрутизирующими каналами, в отличие от найденной метрической функции, описывающей протяженный маршрут.

Т.О. Шевина

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ПОЛИТИЧЕСКОГО КОНТЕНТ-АНАЛИЗА СМИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Одной из проблем современных информационных систем является проблема автоматизированной обработки материалов, представленных на естественном языке. Особенно остро данная проблема проявляется при контент-анализе текстов, поскольку данный вид анализа опирается на содержание текста. Контент-анализ – исследовательская техника для получения выводов путем анализа содержания текста о состояниях и свойствах социальной действительности [6]. В рамках данной работы решается задача оценки влияния сообщений СМИ на рейтинг политической фигуры или партии.

Контент-анализ включает 3 основных этапа:

- 1) выделение единиц анализа, которые затем сводятся в категории анализа и переводятся в машиночитаемый вид;
- 2) подсчет частот категорий, при этом применяются различные инструменты математического аппарата для выявления взаимосвязей между ними;
- 3) интерпретация полученных результатов

При автоматизации контент-анализа выделяются проблемы, при решении которых необходимо участие эксперта:

- оценка межкодировочной надежности на этапе подготовки данных;
- выделение ключевых слов;
- построение понятийных структур;
- интерпретация результатов исследования.

Процесс решения подобных проблем невозможно запрограммировать стандартными средствами, поэтому возникает необходимость использования специальных алгоритмов обработки.

На этапе подготовки обучающих данных необходимо измерить достоверность поступающих данных, так как в случае недостоверных данных, дальнейшее проведение анализа бессмысленно. Под *надежностью (достоверностью)* в классическом контент-анализе понимается высокая вероятность того, что два и



более кодировщика, работая независимо друг от друга, присвоили одни и те же коды одним и тем же элементам в каждом из проанализированных текстов. Данный тип надежности, называемый *межкодировочной надежностью*, может вычисляться различными методами. Низкий уровень вычисленной надежности свидетельствует о том, что полученным данным доверять нельзя [1].

Холсти для вычисления межкодировочной надежности для номинальных категорий рекомендует крайне простую *формулу* [3]:

$$R = \frac{2 * M}{N_1 + N_2},$$

где R – показатель надежности (Reliability),

M – общее количество совпавших кодовых элементов у двух кодировщиков,

$N_1 + N_2$ – общее количество закодированных элементов у 1-го и 2-го кодировщика соответственно.

Однако если категория имеет два значения (да — нет), то при кодировке двух выборок с помощью генератора случайных чисел надежность будет приблизительно равна 50%, что, очевидно, неверно.

Перро и Лей разработали другой подход к коррекции межкодировочной надежности [4]. Эта формула также не свободна от недостатков, в частности, она зависит от количества размерностей в категории. В каноническом виде она выглядит следующим образом:

$$I = \sqrt{\left(\frac{F_0}{N} - \frac{1}{k}\right) * \frac{k}{k-1}},$$

где F_0 – количество совпавших кодовых элементов,

N – общее количество кодовых элементов,

k – количество размерностей в категории[3].

Одной из наиболее часто применяемых мер согласия является «*каппа Козна*», вычисляемая по формуле [2]:

$$k = \frac{P_a - P_g}{1 - P_g},$$

где

$$P_a = \sum_{i=1}^j p_{ij},$$

$$P_g = \sum_{i=1}^j (p_j + p_{+i}),$$

p_{ij} – вероятность того, что кодировщик 1 закодирует объект размерностью i , а кодировщик 2 закодирует этот же объект размерностью j ;

p_{+i} – вероятность того, что второй кодировщик закодирует объект размерностью i ,

p_j – вероятность того, что первый кодировщик закодирует объект размерностью j .

Значения «*каппы Козна*» лежат на отрезке $[-1;1]$, минус единице соответствует полное несогласие кодировщиков в оценке, 1 – полное согласие. Особый



случай – когда каппа равна 0. Это означает, что с таким же успехом можно было бы попросить оценить объекты два генератора случайных чисел.

Следует отметить, что при поступлении данных в режиме обучения экспертной системы приемлемым считается уровень надежности не менее 80%.

Следующим важным этапом обработки данных является процесс выделения ключевых слов и их категоризация. Принцип выделения ключевых слов заключается в очищении текста от слов, не несущих семантической нагрузки и последующего стемминга оставшихся слов (в наиболее простом случае, стемминг – выделении неизменяемой части слова), затем расчете частотного распределения получившихся основ в тексте. Подробно эта проблема была рассмотрена в более ранних работах [7, 8].

Построение понятийных структур в контент-анализе необходимо для выделения области влияния отдельно взятого слова. *Понятийное поле* содержит ключевое слово со своим понятийным контекстом, который представлен в форме синонимов первого и второго круга. Определение понятийного поля состоит в формировании смысловых блоков текста из слов, исходя из их значения. При этом выбранные ключевые слова должны являться значимыми для данного текста. В терминах экспертных систем понятийной структуре соответствует понятие модели представления знаний из базы знаний.

Наиболее распространёнными моделями представления знаний являются логические модели, продукционные модели, фреймовые модели и семантические сети. Самыми удобными моделями для анализа смысловой нагрузки текста являются семантические сети.

Под *семантикой*, с точки зрения информационных технологий, можно понимать принципы организаций языковых конструкций естественного языка.

Под *семантической моделью* текста можно понимать эквивалент данного текста, представленный таким образом, чтобы анализ смысловой нагрузки текста мог быть выполнен с использованием автоматизированных систем.

Таким образом, семантическая сеть является наиболее удобной моделью представления знаний, поскольку включает в себе логику построения понятийного поля слова (семантику).

Интерпретация результатов исследования реализуется средствами подсистемы объяснений экспертной системы.

Поскольку необходимо установить, позитивно или негативно влияет статья СМИ на рейтинг политика, при контент-анализе используются оценочные суждения. Для вычисления соотношения положительных и отрицательных относительно избранной позиции суждений используется формула коэффициента Яниса [5]. В случае, когда число положительных оценок превышает число отрицательных, коэффициент Яниса подсчитывается по формуле:

$$c = \frac{f^2 - f * n}{r * t},$$

где f – число положительных оценок; n – число отрицательных оценок;



r – объем содержания текста, имеющего прямое отношение к изучаемому признаку; t – общий объем анализируемого текста.

В случае, когда число положительных оценок меньше, чем отрицательных, коэффициент Яниса находится по формуле:

$$c = \frac{f * n - f^2}{r * t}.$$

Использование коэффициента Яниса считается более эффективным, так как учитывается, что при увеличении объема текста, относящегося к изучаемому признаку, но не содержащего оценок, соотношение должно уменьшаться.

Таким образом, в ходе исследования найдены следующие варианты решения проблем автоматизации, описанные в таблице 1.

Таблица 1. Варианты решения проблем

№	Проблема	Вариант решения
1	Оценка межкодировочной надежности	Оценка Холсти, оценка Перро-Лея, «каппа Козна»
2	Выделение ключевых слов	Использование статистических методов поиска ключевых слов, использование лингвистических алгоритмов обработки слова
3	Построение понятийных структур	Использование знаний эксперта (средства экспертной системы)
4	Интерпретация результатов исследования	Расчет коэффициента Яниса, использование подсистемы объяснений экспертной системы

Литература

1. <http://www.rek36.ru/otsenka-validnosti-dannyih.html> (дата обращения: 25.09.2012)
2. Cohen J. A coefficient of agreement for nominal scales. Educational and Psychological Measurement. 1960
3. Holsti O. Content analysis for the social sciences and humanities. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Co., 1969
4. Pereault W.D., Leigh L.E. Reliability of nominal data based on qualitative judgments // Journal of Marketing Research, 1989
5. Кутлалиев А., Попов А. Эффективность рекламы. – М.: Эксмо, 2006
6. Тихонов В.И. Проблемы категоризации при контент-анализе // Круг идей: модели и технологии исторической информатики: Труды III конференции Ассоциации «История и компьютер»
7. Шевина Т.О. Нейронечеткое прогнозирование рейтинга политических фигур на основе контент-анализа СМИ // V Международная науч.-практич. конф. учащихся и студентов: тезисы докладов конференции. – Протвино, 2012
8. Шевина Т.О. Решение задачи классификации заявок с помощью нейронечеткой продукционной сети Ванга-Менделя // Международная молодежная конф. «Королевские чтения»: тезисы докладов конференции. – Самара, 2011



УПРАВЛЕНИЕ В МНОГОАКТОРНЫХ И МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СРЕДАХ

С.В. Иноземцев

КОНЦЕПЦИЯ AGILE LOGISTICS ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЛАНИРОВАНИЯ

(Magenta Technology, London, UK)

В настоящее время тематика научных и прикладных исследований в области мультиагентных технологий, сетцентрических систем и алгоритмов распределенного принятия решений переживает пик своей популярности. В этом направлении работают как известные ученые, получающие перспективные научные результаты [1 – 4], так и инженеры, использующие мультиагентные концепции в той или иной степени в своих программных разработках.

Научно-производственная компания «Маджента Девелопмент» (международное название «Magenta Technology») – системный интегратор интеллектуальных систем и разработчик индивидуальных решений по планированию распределенных ресурсов в транспортной логистике, на производстве, в медицине и в сети Интернет. Наша компания имеет достаточно серьезный опыт разработки интеллектуальных программных систем в транспортной логистике. Начав с небольших проектов, в которых участвовали, в основном, ученые, занимавшиеся теоретическими исследованиями в области искусственного интеллекта, и студенты, к настоящему времени компания выросла в серьезный производственный центр, поддерживающий все стадии ведения программных проектов и разработки продуктов, и насчитывает более 100 разработчиков, среди которых большую часть составляют опытные профессионалы.

По результатам достаточно серьезного исследования возможностей мультиагентных технологий в сфере транспортной логистики [5], был сформирован новый подход, позволяющий эффективно применять мультиагентные технологии для управления транспортными ресурсами. В отличие от известных теоретических исследований в области мультиагентных технологий, этот подход ориентирован, прежде всего, на конкретные задачи логистик, формируемые современным бизнесом, что позволяет широко применять его на практике. В основе данного подхода лежит концепция Magenta Agile Logistics, описанная в данной статье.

Основные современные вызовы, с которыми сталкивается бизнес, являются следствием двух причин: увеличивающейся неопределенностью внешней среды и возрастающей сложностью управляемых систем.

Во-первых, рассмотрим особенности планирования в условиях неопределенности. На наших глазах происходит переосмысление роли, и осознание эф-



фекта от *событий* источником которых является неопределенность внешней среды. Появление данных событий практически невозможно предугадать заранее. Так же невозможно заранее получить универсальный план, который будет содержать программу действий для всех возможных событий. В своей книге [6] Николас Талеб доказывает, что критичными для бизнеса, как с точки зрения опасности, так и с точки зрения возможностей являются *неожиданные, уникальные* события.

Внешнее окружение логистической компании крайне сложное. Источником неопределенности могут служить как поставщики, которые не могут больше прогнозировать объемы заказов, так и звенья логистической цепи, участвующие в доставке. Большинство компаний понимает проблему, но видит единственный выход в увеличении резервных мощностей, которые можно задействовать в случае возникновения непредвиденных событий. Как следствие у перевозчиков увеличивается флот ресурсов, простаивающих на базе, понижается утилизация флота, увеличивается штат сотрудников.

Magenta Agile Logistics представляет собой набор практик, реализованных в программных решениях от Magenta Technology, которые позволяют бизнесу оперативно реагировать на внешние изменения и получать преимущества от работы в сложном внешнем окружении. Реализация данных практик направлена на изменения в процессе планирования без увеличения ресурсных мощностей. Процесс обработки заказа включает последовательное прохождение нескольких стадий или этапов (см. таблицу 1): Order entering (ввод заказа в систему), Order planning (планирование заказа), Schedule commit (согласование расписания) и Schedule execution (исполнение расписания).

Фундаментальным отличием Agile Logistics от традиционного подхода к планированию является следующее. При традиционном подходе единый, заранее определенный формализованный процесс определяет действия и возможности, которые имеются при планировании каждого заказа. В основе Agile Logistics процесс планирования, который пронизывает все стадии обработки заказа. Это позволяет принимать решения, опираясь не на predetermined правила, а на основе текущей ситуации и конкретного заказа.

Таблица 1

Этап	Задача	Решение в рамках Agile Logistics
Order entering	При поступлении нового заказа решение о том, принимать или нет данный заказ, диктуется соглашением между перевозчиком и клиентом о перевозимых объемах	Early planning При получении нового заказа запускается фаза предварительного планирования, что позволяет принимать решение о принятии или отказе. Это решение принимается исходя из текущего состояния транспортной сети и того, как перевозка заказа скажется на KPI транспортной сети



Этап	Задача	Решение в рамках Agile Logistics
Orders planning	После приема всех заказов запускается планирование расписания. Так как планирование производится на весь горизонт, процесс занимает существенное время, задерживающее приемку заказов	Continuous planning Планирование каждого заказа запускается сразу после того, как оператор подтвердил заказ, и он попал в систему. За счет этого сокращается время составления расписания и появляется возможность планирования запаздывающих заказов
Schedule commit	Расписание утверждается целиком только после завершения планирования, что затрудняет частичные изменения расписания	Execution planning Возможность индивидуального подтверждения каждой поездки, что позволяет повысить утилизацию (загрузку) флота за счет увеличения количества поездок
Schedule execution	Исполнение расписания связано с постоянно возникающими расхождениями в ответ на непредвиденные событияЮ такие как поломки и задержки	Backhauls planning & Event management Планирование кругорейсов (Backhauls) направлено на сохранение структурных особенностей расписания при локальных изменениях при обработке событий

Во-вторых, рассмотрим особенности планирования сложных транспортных сетей. Типичная доставка в крупной транспортной сети выглядит следующим образом:

- забор заказа у поставщика и доставка в региональный склад;
- транкинг, перевозка заказа между региональными складами;
- доставка заказа из регионального склада в магазин.

Планирование подобной транспортной сети крайне сложная задача, так как планирование доставки любого груза требует составления связанных расписаний для каждого участка транспортной сети. Как показывает практика практически невозможно обучить единую команду планировщиков, которая в ручном режиме или при помощи имеющихся информационных систем построит расписание для всей транспортной сети от начала и до конца.

В результате для решения подобных задач идут на упрощение, транспортная сеть делится на несколько относительно независимых участков, за планирование каждого отвечает отдельная команда планировщиков. На практике наиболее часто выделяются *primary* и *secondary transportation networks*, за планирование которых отвечают две команды планировщиков.

Результатом такого «искусственного» деления является высокая стоимость исполнения расписания:



- решения на каждом этапе принимаются исходя только из локальных KPI. Это приводит к тому, что страдает общая утилизация флота;
- независимое планирование доставки груза на каждом участке транспортной сети возможно только при достаточном временном запасе между временем забора и временем доставки. Это существенно ограничивает уровень CSL;
- отсутствие единого центра планирования ограничивает оперативность принятия решений, что приводит к увеличению флота используемых ресурсов.

Решением данной проблемы является разработанный в рамках концепции Magenta Agile Logistics модуль планирования, который позволяет автоматически планировать primary и secondary networks как единую, связанную транспортную сеть. В основе логики такого планирования лежит подход, изложенный в теории ограничений Голдратта [7] и мультиагентная архитектура. При этом реализуется следующий алгоритм:

- определяется узкое место, задающее общую пропускную способность транспортной сети;
- запускается алгоритм планирования транспортной сети, позволяющий получить наибольшую пропускную способность узкого места;
- запускается мультиагентный алгоритм улучшения расписания, обеспечивающий составление связанных расписаний.

Концепция Magenta Agile Logistics легла в основу программной платформы для обеспечения согласованного взаимодействия всех участников процесса перевозок: логистов, диспетчеров, экспедиторов и заказчиков. Результаты внедрения этой платформы на практике показали, что она позволяет существенно повысить производительность и эффективность работы транспортной сети (на 15 – 20%), сократить транспортные расходы за счет автоматического планирования кругорейсов и снизить загрузку сотрудников компании до 75%.

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. Городецкий В.И. Самоорганизация и многоагентные системы. II. Приложения и технология разработки. Известия РАН. Теория и системы управления, 2012, № 3. – с. 55 – 75
3. Каляев И.А., Мельник Э.В. Реконфигурируемые информационно-управляющие системы // Материалы пленарного заседания 5 Российской мультиконференции по проблемам управления. – СПб.: ЦНИИ «Электроприбор», 2012. – с. 36 – 37
4. Новиков Д.А. Иерархические модели управления // Материалы пленарного заседания 5 Российской мультиконференции по проблемам управления. – СПб.: ЦНИИ «Электроприбор», 2012. – с. 19 – 20
5. New Magenta Papers // Сборник научных трудов, Выпуск № 1. Труды международного семинара по интеллектуальному планированию. Под ред. А.В.



Иващенко. – Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2012. – 68 с., ил.

6. Талёб Н. Н. Чёрный лебедь. Под знаком непредсказуемости. – Москва: КоЛибри, 2009. – 528 с.

7. Детмер У. Теория ограничений Голдратта. Системный подход к непрерывному совершенствованию / Пер. У. Саламатовой, М.: Альбина Паблшер, 2010. – 448 с.

А.В. Иващенко, Д.Г. Пейсахович

КОНДИЦИОНАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЕМ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Современные тенденции в области автоматизации управления организацией [1] состоят в построении распределенных интеллектуальных программных систем, образующих гетерогенную интегрированную информационную среду. В частности, при построении таких систем широко применяется принцип аналогии с природными механизмами самоорганизации [2], свойственными «живым» системам. Реализовать этот принцип на практике позволяют мультиагентные технологии [3], моделирующие реальное поведение объектов во взаимодействии друг с другом и позволяющие исследовать скрытые особенности деятельности предприятия.

Новые архитектуры и технологии построения распределенных интеллектуальных систем, состоящих из активных программных компонентов, например, мультиагентные, позволяют формировать новые методы и средства управления взаимодействием пользователей интегрированной информационной среды. В данной статье описывается метод кондиционального управления, основанного на функциональном расширении механизмов информационного управления и предназначенного для управления взаимодействием персонала научно-производственного предприятия в интегрированной информационной среде.

Многие современные концепции теории игр [1] подразумевают, что игра, в которую играют участники (т.е. состав участников игры, множества их стратегий, функции выигрыша), является общим знанием. Общее знание (или, иначе говоря, симметричное общее знание) является частным случаем, а в общем случае представления агентов, представления о представлениях и т.д. могут различаться. Например, возможно асимметричное общее знание, при котором игроки понимают игру по-разному, но само это различное понимание является общим знанием. Возможно также субъективное общее знание, когда игрок считает, что имеет место общее знание (а на самом деле его может не быть).



В общем случае, иерархия представлений агентов называется структурой информированности. Моделью принятия агентами решений на основании иерархии их представлений является рефлексивная игра [4], в которой каждый агент моделирует в рамках своих представлений поведение оппонентов (тем самым порождаются фантомные агенты первого уровня, то есть агенты, существующие в сознании реальных агентов). Фантомные агенты первого уровня моделируют поведение своих оппонентов, то есть в их сознании существуют фантомные агенты второго уровня и т.д. Другими словами, каждый агент выбирает свои действия, моделируя свое взаимодействие с фантомными агентами, ожидая от оппонентов выбора определенных действий. Устойчивый исход такого взаимодействия называется информационным равновесием.

В этом контексте вводится информационное управление – воздействие на структуру информированности агентов, осуществляемое с целью изменения информационного равновесия [4].

В интегрированной информационной среде при реализации механизмов управления взаимодействием ее пользователей или моделирующих их поведение программных агентов возможности информационного управления можно расширить, добавив центру возможность не только воздействовать на структуру информированности агентов, но так же ограничивать и искажать информацию. Для этого между агентами процесса принятия решения необходимо вставить элемент управления, площадку [5], посредством которой центр мог бы контролировать информационное взаимодействие агентов. Эта площадка задаёт протокол общения агентов и позволяет центру осуществлять следующие действия: просмотр и анализ сообщений между агентами, влияние на информацию (искажение/цензура сообщений) и влияние на правила (протоколы) обмена информацией.

Управляющее воздействие (искажение информированности) в рамках расширенной модели информационного управления определяется совокупностью целей центра и агента-адресата сообщения. Это обуславливается тем, что для эффективного управления агентом центр должен учитывать его предпочтения этого агента, так как тот обладает свободой действий. Из этого следует, что, чем выше автономность агента, тем ниже будет эффективность управленческого усилия. Более того, чрезмерное искажение информации может привести к снижению доверия агента к центру.

Решить эти проблемы позволяет метод управления обстоятельствами (кондиционального управления [6]). Суть кондиционального управления заключается в ситуационном динамическом формировании обстоятельств для агентов, в которых они заинтересованы действовать на благо интересов центра. В отличие от классических подходов, в данном случае будем оперировать не задачами, которые предписывают необходимое поведение в императиве, и не информацией, которая влияет на действия агентов или акторов в конкретной ситуации или игре, а обстоятельствами, влияющими на их поведение и определяющими общие правила совместной деятельности.



Кондициональное управление должно предусматривать план мероприятий, которые в различные моменты времени изменяют условия работы акторов. Этот план представляет собой стратегию косвенного влияния на структуру и функции соответствующего подразделения или моделирующего его имитационной модели, которая последовательно корректирует его поведение во времени. В качестве примера можно привести следующую проблему. В настоящее время в организациях часто создаются коллективы высокомотивированных профессионалов, целью которых является решение новых исследовательских задач. При этом в таких коллективах сложно наладить дисциплину совместных действий. Эта проблема широко распространена в программистских конторах, поскольку в них часто используется свободный график работы. Однако авторы встречали подобные примеры и на производственных предприятиях, особенно занимающихся проектированием новой техники, требующих междисциплинарных знаний (например, медицинских тренажеров).

Классически данную проблему решают путем ужесточения контроля исполнения рабочих графиков, что просто реализуемо средствами систем контроля доступа, но существенно демотивирует персонал предприятия. Предлагаемый подход позволяет решить эту проблему. Для этого на основе статистического анализа активности сотрудников предприятия (по результатам обработки событий взаимодействия в информационном пространстве) производится формирование стратегии последовательных действий, влияющих на изменение условий работы подразделения. Например, в результате внедрения системы контроля заданий можно повысить качество нормирования. Затем, изменяя регулярность отчета о текущих результатах и формирования новых планов, следует добиться ритмичности работы сотрудников подразделения. Наконец, изменяя время контроля (пятница-понедельник, утро-вечер), можно обеспечить согласованность взаимодействия при достаточно комфортных условиях работы.

Данный пример, во-первых, демонстрирует, как программные средства имитационного моделирования, например реализованные с использованием мультиагентных технологий, могут обеспечить поддержку принятия решений по управлению подразделением. В частности, такие средства, реализованные с использованием методов статистического анализа неэвидистантных временных рядов, показали результативность управления ресурсами в производственной и транспортной логистике [7]. Во-вторых, он иллюстрирует возможности метода кондиционального управления, который позволяет учитывать взаимное влияние фактора времени и человеческого фактора, что востребовано при автоматизации управления в социальных и экономических системах.

Структура предлагаемой системы кондиционального управления приведена на рис. 1. Она отражает стратегический характер управления. Если под стратегией обычно подразумевается план работы всего предприятия на большой горизонт, который обеспечивает требуемую его эффективность, то стратегический план подразделения предписывает формирование его кадрового состава и регламентов работы задолго до возникновения реальной его загрузки. Таким образом, обеспечивается устойчивость к пиковым нагрузкам, вызванным внеш-



ними событиями и эволюционное, постепенное, формирование с учетом человеческого фактора правил и регламентов его эффективной работы.

Существенным отличием кондиционального управления от других способов информационного управления является то, что в результате принятия решения формируется план по применению управляющих воздействий, учитывающий историю применения аналогичных воздействий, в результате которых сформировалась текущая ситуация. Применение мультиагентной среды в системах кондиционального управления, востребовано в связи с тем, что она позволяет не только адекватно представить текущую ситуацию, но и обеспечить инструмент для формирования разных моделей будущего развития этой ситуации в соответствии с разными планами задания обстоятельств.

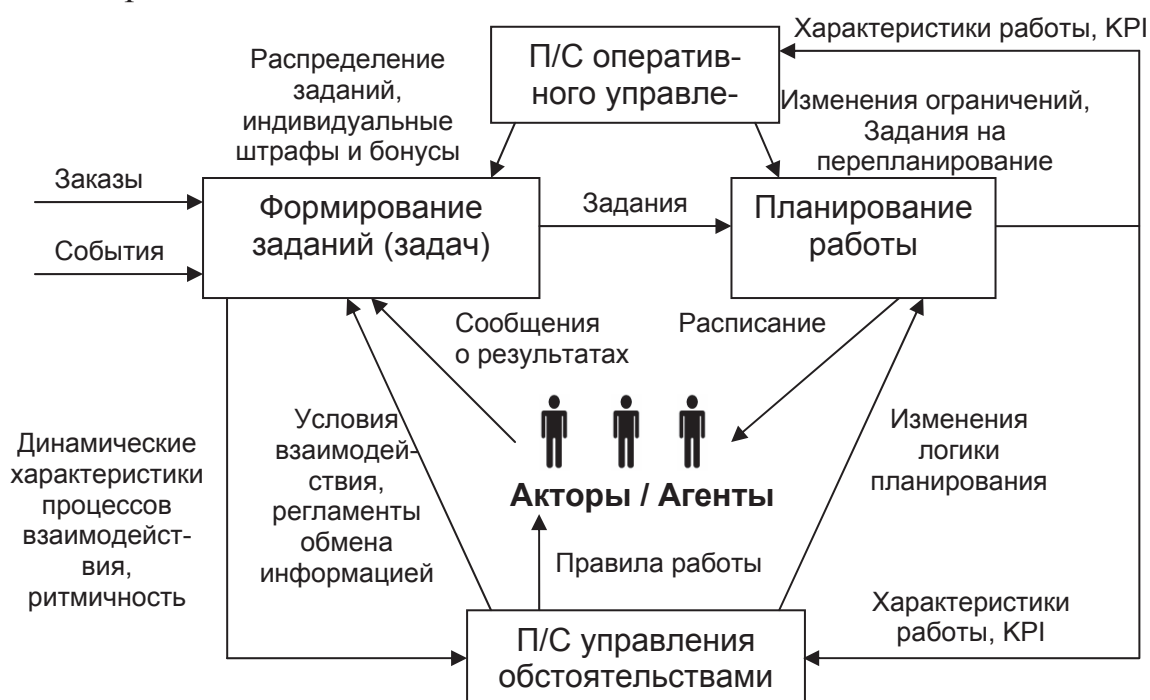


Рис. 1. Структура системы кондиционального управления

Управление обстоятельствами в такой ситуации позволяет обеспечить новые возможности центра, когда он не принимает все решения, а лишь определяет «правила игры». Описанный метод управления обеспечивает теоретическую основу для построения практически полезных мультиагентных систем.

Литература

1. Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А. Введение в теорию управления организационными системами / Под ред. чл.-корр. РАН Д.А. Новикова. М.: Либроком, 2009. 264 с.
2. Leitão P. Holonic rationale and bio-inspiration on design of complex emergent and evolvable systems // Trans. on large-scale data and knowledge centered systems I, LNCS 5740, 2009. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg. P 243 – 266
3. Городецкий В.И. Самоорганизация и многоагентные системы. I. Модели многоагентной самоорганизации. Известия РАН. Теория и системы управления, 2012, № 2. – с. 92 – 120



4. Губанов Д.А., Новиков Д.А., Чхартишвили А.Г. Социальные сети. Модели информационного влияния, управления и противоборства. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. – 228 с.
5. Иващенко А.В. Управление взаимодействием персонала предприятия в многоакторной интегрированной информационной среде / Программные продукты и системы, 2012. – № 3. – с. 18 – 22
6. Иващенко А.В. Кондициональное управление в мультиагентной среде // в сб. New Magenta Papers, Труды международного семинара по интеллектуальному планированию. – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2012. – № 1. – с. 64 – 68
7. Прохоров С.А., Иващенко А.В., Леднев А.М., Пейсахович Д.Г. Прикладной анализ временных рядов в задачах автоматизации производственного планирования // Мат-лы конф. «Информационные технологии в управлении» (ИТУ-2012). – СПб.: Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2012. – с. 633 – 638

А.В. Иващенко, В.Л. Юмашев

МОДЕЛЬ РИЕЛТОРА В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ СОГЛАСОВАННЫМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ В ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Единое информационное пространство современного предприятия представляет собой распределенную гетерогенную интегрированную информационную среду (ИИС), автоматизирующую процессы обмена информацией между лицами, принимающими решения в режиме реального времени. В этих условиях при управлении предприятием как сложной организационной системой применение институционального управления затрудняется в связи с высокой изменчивостью процессов взаимодействия и сложностью их формализации. При этом возрастает роль информационного управления, так как взаимодействие сотрудников предприятия переносится в единое информационное пространство и становится, таким образом, виртуальным.

Научные основы теорий управления организационными системами и социальными сетями, обеспечения поддержки принятия решений в распределенных системах на основе знаний и статистического анализа временных рядов [1] позволяют создать новые методы и средства управления согласованным взаимодействием персонала предприятия в ИИС, предназначенные для решения современных задач по интеграции информационных ресурсов и построению единого информационного пространства. Поскольку стандартное представление ИИС не позволяет рассматривать динамические процессы информационного взаимодействия, на его основе вводится определение многоакторной ИИС [2],



позволяющей исследовать динамические аспекты взаимодействия ее пользователей, обусловленные производственными и социальными отношениями.

Будем считать многоакторной [3] распределенную ИИС, обеспечивающую доступ к информации для ее обработки и дополнения акторов (сотрудников предприятия и пользователей ИИС) и программных агентов (активных программ, обладающих свойствами автономности, ограниченности представления и децентрализации принятия решений) в случае, если подавляющее большинство принимаемых на основе данных такой среды решений требует согласования более чем одного актора.

Структурно представить многоакторную ИИС можно с помощью совокупности компонентов ИИС, площадок и каналов. Компоненты ИИС представляют собой стабильные структурные элементы ИИС, связанные между собой интеграционными шинами. Площадки являются временными хранилищами информационных объектов, в которых происходит работа над ними со стороны акторов. Каналы связывают площадки между собой и позволяют передавать информационные объекты между площадками для обеспечения доступа к ним пользователям с разными интересами. Технически канал представляет собой информационное (представления в базе данных) и программное обеспечение, действие которого направлено на дублирование информации по заданному расписанию.

Площадки и каналы образуют собой направленный граф, с каждым из вершин которого (площадкой) связаны подмножества акторов и информационных объектов. Наиболее динамично изменяются связи площадок с акторами и информационными объектами. Акторы могут посещать несколько площадок, события их обращения к площадкам и информационным объектам представляют собой поток с неравномерной дискретизацией (а при установлении в соответствие каждому событию стоимости или значимости посещения – неэквилибрийный временной ряд). Совокупность площадок и каналов меняется менее динамично, однако, в условиях развития ИИС (появление новых компонентов и изменение функциональности старых) могут появляться новые площадки и каналы.

Одним из важных аспектов управления согласованным взаимодействием персонала предприятия в многоакторной интегрированной информационной среде является формирование представлений, описывающих семантику взаимодействия акторов. Цель такого взаимодействия состоит в том, чтобы обеспечить наискорейший выбор информационных объектов путем управления передачей информации выбирающему лицу. Логика этого взаимодействия может быть описана с помощью модели риелтора, которую рассмотрим подробнее.

Пусть имеется два взаимодействующих друг с другом риелтора, каждый из которых представляет интересы, как продавцов, так и покупателей. Риелторы формируют потоки событий по выставлению на продажу и покупке объектов недвижимости (вариантов), причем эти объекты имеют разную покупательскую привлекательность, определяемую рядом скрытых факторов. На рисунке 1 приведена иллюстрация примера реализации модели риелтора в многоактор-



ной интегрированной информационной среде. Интенсивность цвета варианта в представлении показывает ожидаемый выигрыш при выборе этого варианта, а стрелки – моменты времени, когда эти варианты были предложены. Соответственно, второй риелтор может выбрать вариант или ответить отказом также в определенные моменты времени.

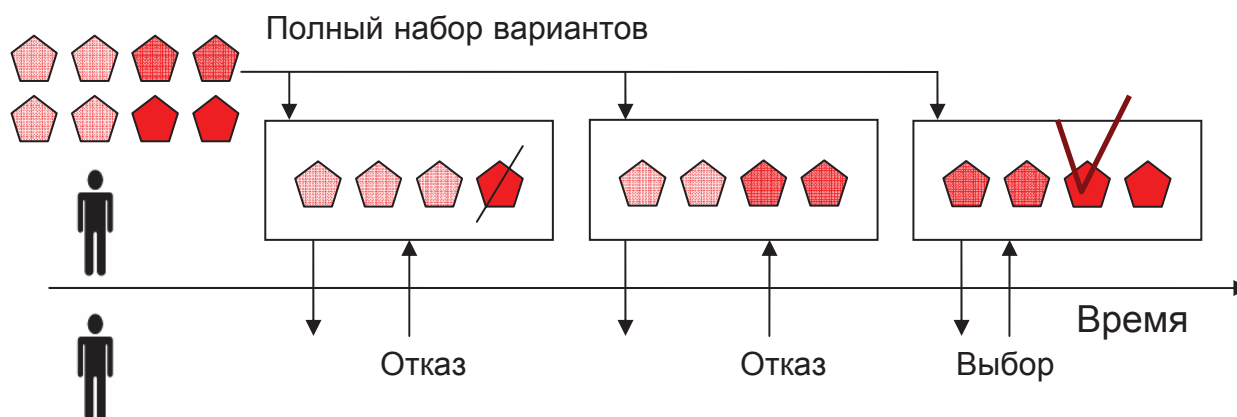


Рис. 1. Иллюстрация взаимодействия по модели риелтора

В рассматриваемой модели с точки зрения продавца предоставлять всю информацию покупателю не выгодно (он в этом случае выберет наилучший вариант), а выгодно открыть смешанные данные: о выгодном объекте, который имеет известный недостаток, несколько средних объектов и несколько невыгодных (с расчетом на специфические требования).

В процессе последовательных отказов имеет смысл убирать из представления невыгодные заказы и повышать количество интересных, сохраняя, таким образом, клиента и обеспечивая постепенную продажу. Отметим, что полный набор вариантов постоянно обновляется, поэтому со стороны актора – потребителя нельзя определить, были ли варианты «запасены», или появились вновь. Это означает, что в модели риелтора можно использовать информационное управление, заключающееся во временном сокрытии полной информации. Основные особенности данной задачи приведены в таблице 1.

Можно показать, что для каждого риелтора существует стратегия, обеспечивающая гарантированный выигрыш, в то время, как при отклонении от этой стратегии в сторону большей открытости приведет к накоплению невыгодных вариантов, а при отклонении в сторону скрытности отпугнет возможных партнеров. Это соответствует ожидаемому равновесию по Нэшу.

Рассмотренная модель риелтора может быть использована для формирования представлений при решении широкого круга задач информационного управления взаимодействием пользователей интегрированной информационной среды предприятия. Область ее применения ограничивается, например, случаями, когда необходимо учитывать человеческий фактор и фактор времени при выдаче заданий, а прямые императивы невозможны.

Например, известные автоматизированные системы управления службой такси [4] предусматривают формирование перечня заказов для водителя, среди которых он может выбрать наиболее предпочтительный. Такая возможность



позволяет повысить активность водителя, который становится способен выбирать более выгодные заказы или выстраивать свою собственную стратегию их обработки, снижая, например, пустой пробег и время ожидания. Однако, полностью реализовать открытое взаимодействие с исполнителем нельзя: водители начнут отказываться от невыгодных заказов, и за счет этого снизится уровень сервиса на предприятии, что отпугнет клиентов.

Таблица 1. Многоакторная ИИС для ограниченных представлений

Актеры	Риелторы u_x и u_y
Информационные объекты	Объекты недвижимости w_j
События	Сообщение второй стороне об объекте $e'_{i,j} = \varepsilon(u_y, w_j, t'_{i,j}) = \{0,1\}$. Согласие $e_{i,j} = \varepsilon(u_y, w_j, t_{i,j}) = \{0,1\}$
Ожидаемое равновесие	При условии, что первое представление имеет наименее выгодные заказы, в каждом последующем выгода увеличивается (соответственно, снижается выгода для продающей стороны). Функция выигрыша определяется за период времени, по результатам обработки суммы выигрышей по каждому объекту.
Обеспечение ритмичности	1. Отсекаем доминируемые стратегии: $\varepsilon'(u_y, w_i, t'_{y,i}) : \exists \varepsilon(u_y, w_i, t'_{y,i}) : R(T(u_y, t_{y,i}), T(w_i, t_{y,i})) > R_f$ 2. Среди оставшихся информационных объектов последовательно формируем представления. 3. В каждом новом представлении обеспечиваем более выгодное предложение по релевантности интереса.

Устранить это противоречие и найти наиболее правильный баланс в этом случае можно в результате использования предложенной модели риелтора. Перечень заказов, которые поступают на терминал водителя в каждый момент времени, является в терминах многоакторной ИИС представлением. Определить целесообразное количественное и качественное наполнение представлений можно в результате моделирования работы водителей в течение рабочей смены в мультиагентной среде, задав соответствующую географию и состав транспортных ресурсов.

Управлять наполнением представлений можно динамически, в ходе получения заказов и планирования их в реальном масштабе времени. Это позволяет получить мощный инструмент информационного управления взаимодействием водителей такси в многоакторной интегрированной информационной среде, что повышает результативность внедрения мультиагентных технологий и эффективность работы транспортного предприятия в целом.



Литература

1. Прикладной анализ случайных процессов / под ред. С.А. Прохорова. – Самара: Издательство СНИЦ РАН, 2007. – 582 с.
2. Иващенко А.В. Управление согласованным взаимодействием пользователей интегрированной информационной среды предприятия. Самара: СНИЦ РАН, 2011. – 100 с.
3. Иващенко А.В. Управление взаимодействием персонала предприятия в многоакторной интегрированной информационной среде / Программные продукты и системы, 2012. – № 3. – с. 18 – 22
4. Glaschenko A., Ivaschenko A., Rzevski G., Skobelev P. Multi-agent real time scheduling system for taxi companies // AAMAS 2009 8th International Conference on Autonomous Agents and Multiagent Systems 10–15 May, Budapest, Hungary, 2009. – pp. 29 – 36

М.Е. Кременецкая

МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ ЕДИНЫМ ИНФОРМАЦИОННЫМ ПРОСТРАНСТВОМ ПРЕДПРИЯТИЯ АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Современное производство аэрокосмической отрасли характеризуется высокой сложностью и наукоемкостью изделий, выпускаемых малыми партиями или единичными экземплярами. При этом длительность производственного цикла должна быть минимальной, а качество продукции высоким, что обеспечивает конкурентоспособные преимущества производителя. Эти требования определяют целесообразность использования известных систем класса CAD/CAM/CAE, PDM/PLM, ERP, MES и других CALS технологий. Формирование единого информационного пространства (ЕИП) предприятия позволяет решить вопрос интеграции этих систем и обеспечения эффективного взаимодействия пользователей. Для руководства большинства отечественных предприятий задача глобального перехода на цифровые технологии и построения ЕИП является актуальной и находится на различных этапах решения.

Перспективным видится направление создания архитектуры ЕИП предприятия, основанной на модели многоакторной интегрированной информационной среды [1] и позволяющей разработать протоколы обмена данными между его компонентами с целью построения соответствующих механизмов информационного управления. Также разработана модель, позволяющая повысить эффективность взаимодействия применительно к предприятию аэрокосмической отрасли [2]. Однако вопрос создания модели непосредственного управления ЕИП предприятия аэрокосмической отрасли остается открытым.



Анализ существующей ситуации по автоматизации проектно-производственных процессов в Ракетно-космическом центре «ЦСКБ-Прогресс», Ракетно-космической корпорации «Энергия» имени С.П. Королева, в ОАО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнева показал, что:

- алгоритм внедрения и адаптации систем соответствует российской концепции CALS, предусматривающей двухэтапный переход к ЕИП,
- на всех предприятиях на сегодняшний день используется лицензионное программное обеспечение,
- САПР эффективно используются в проектно-конструкторских работах,
- связка «CAD-PDM» работает на двух предприятиях из трех,
- ERP системы находятся на этапе внедрения,
- вопросы интеграции информационных систем являются открытыми и находятся в стадии решения,
- существующая сложная организационная структура предприятий не позволяет осуществить переход к процессному управлению,
- на всех предприятиях ведется разработка концепции ЕИП, однако, актуальными являются вопросы управления взаимодействием пользователей и информационными потоками в рамках ЕИП.

В настоящее время предлагаются различные модели управления ЕИП:

- сетевая, основой построения которой является системный подход, позволяющий создать эффективную структуру организации и взаимодействия подсистем и элементов сети;
- IRP (Informational Resources Planning) – информационный портал предприятия, основной функцией которого является управление информационными ресурсами предприятия.
- с использованием систем искусственного интеллекта, позволяющих учитывать различные факторы и другие.

Несмотря на разносторонность этих моделей, на наличие достоинств и недостатков каждой из них, на специфичность применения и адаптации под конкретное производство, следует отметить их слабую формализацию или отсутствие таковой. В связи с этим в работе предлагается рассматривать структуру системы управления ЕИП на примере конструкторской подготовки производства в форме, представленной на рисунке 1.

На вход ЕИП подаются возмущающие воздействия $F(t)$, в роли которых выступает исходная внешняя по отношению к ЕИП информация (события и данные), полученная из отделов, а также любые результаты деятельности конструкторско-технологической подготовки производства в форме:

- внутренняя заявка на выполнение работы;
- предварительный проект;
- технический проект и рабочий проект, которые включают в себя технический паспорт, чертежи деталей, основные сборочные чертежи, спецификации;



- паспорт на оснастку;
- ведомости материалов;
- карты технологических маршрутов прохождения изделий;
- бизнес-план на внедрение новых технологий;
- графики подготовки производства;
- заявка на изготовление оборудования;
- стандарты предприятия (СТП) и нормативные документы;
- документация на сборку и сварку конструкций;
- документация на заготовку металлоконструкций;
- задания ОГК на конструирование оснастки;
- программы для машин с ЧПУ;
- документация по разработке типовых ТП;
- документация по разработке ТП механической обработки и сборки;
- задание на проектирование нестандартного оборудования;
- акт экспертизы ТП;
- другие документы.

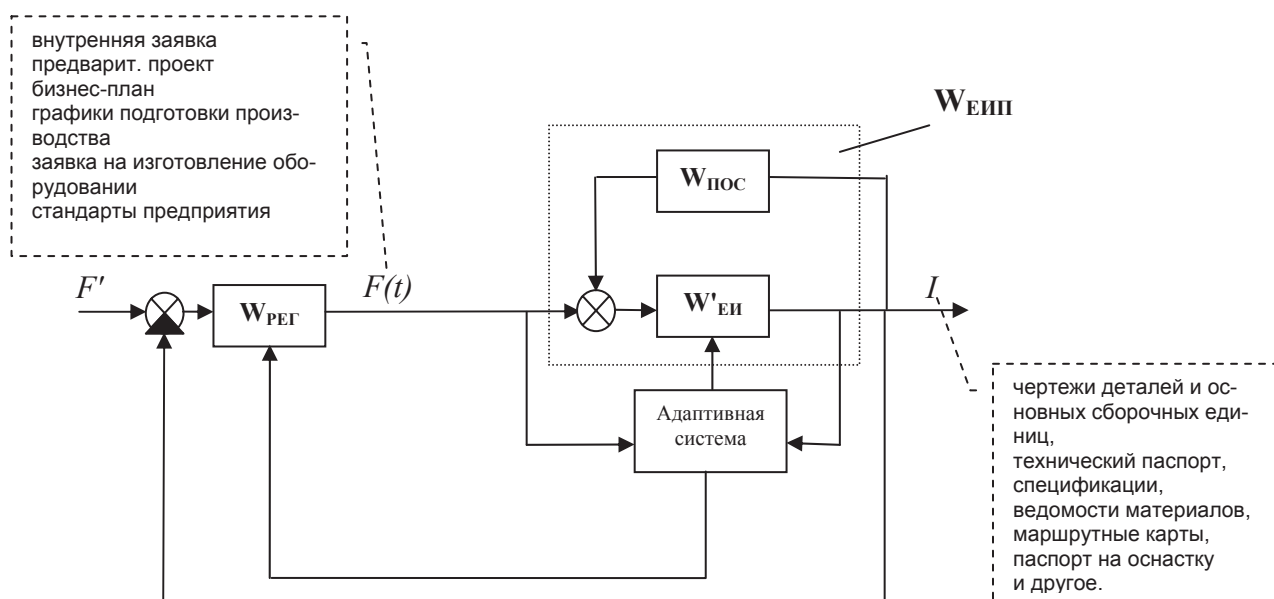


Рис. 1. Структура системы управления ЕИП

$W_{ПОС}$ – звено положительной обратной связи; $W_{ЕИП}$ – передаточная функция ЕИП; $W_{РЕГ}$ – передаточная функция регулятора

Выходом ЕИП является показатель объема конструкторско-технологической документации, выраженный в виде количества эквивалентных исполнений I , под которыми подразумевается рабочая конструкторско-технологическая документация. Эта документация содержит информацию, которая направляется непосредственно на производство, например рабочий проект: чертежи деталей и основных сборочных единиц, технический паспорт, спецификации; ведомости материалов; технологическая маршрутная карта; паспорт на оснастку и другие рабочие документы.



На основе этой документации в ЕИП формируется комплект документов, название которого содержит название изготавливаемого изделия и шифр текущего проекта. Такой комплект имеет древовидную структуру, где входящие в состав объекты размещаются в соответствующих классах. В результате ЕИП хранит определенное количество элементов комплектов, составляющих содержание параметра I .

Синтезируем систему управления ЕИП по принципу замкнутых по отклонению систем. ЕИП как хранилище данных способно содержать максимально определенное количество эквивалентных исполнений. В случае превышения максимального заданного параметра I , его управляемое снижение обеспечивается алгоритмом: 1) перенос отработанной информации в архив; 2) реструктуризация информации; 3) анализ бизнес-процесса и внесение в него изменений.

Роль звена отрицательной обратной связи $W_{ООС}$ выполняют:

- системный администратор - следит за изменением информационных потоков в ЕИП и контролирует наполняемость хранилища, то есть осуществляет контроль за значением I ;
- начальники ОГК и ОГТ руководят текущими проектами и отвечают за «откат» отработанной информации в архив, а также за проектирование нового количества исполнений;
- аналитики предприятия, главный инженер предприятия, начальники ОГК и ОГТ, а также отделы планирования и маркетинга, начальник отдела внедрения перспективных технологий проводят анализ существующих бизнес-процессов и вносят изменения по мере необходимости, при этом руководствуясь СТП.

Звено положительной обратной связи $W_{ПОС}$ обеспечивает конкурентоспособность предприятия, отражает наращивание мощностей производства, его перенастройку при принципиально новых заказах. В результате синтеза системы управления было установлено, что наиболее подходящими для системы управления ЕИП является ПИД-регулятор.

Функцию ПИД-регулятора выполняют – системный администратор, отвечающий за функционирование ЕИП и запускающий автоматизированную информационную систему управления ЕИП (система конфигурирования бизнес-процессов и технологических процессов); технолог, который следит за целостностью информации, решает вопрос о помещении информации в архив; менеджер по управлению бизнес-процессами принимает решение о внесении изменений в конкретную работу или в бизнес-процесс в целом. Пропорциональное звено регулятора позволяет пересылать часть информации сразу в ЕИП, а затем на производство. Интегральное звено регулятора отвечает за накопление информации (контроль транзакций в журнале базы данных), которая затем поддается реструктуризации. Дифференциальное звено позволяет заранее определить конфигурацию и структуру ЕИП (семантическая сеть).

Для вновь поступающего в ЕИП проекта необходима перенастройка регулятора таким образом, чтобы параметры колебаний в ЕИП не превышали за-



данных норм, и система управления отвечала заданным критериям качества. Поэтому в структуру системы управления предлагается внести адаптивный блок. В работе определены передаточные функции звеньев, разработаны алгоритмы идентификации модели и адаптивной настройки системы управления. Особенностью предложенной модели управления ЕИП является использование основных законов теории автоматического управления применительно к информационным ресурсам.

Дальнейшее развитие модели для управления ЕИП виртуальных предприятий при разработке крупномасштабных проектов изделий ракетно-космической техники предполагается в рамках реализации распределенного проектирования.

Литература

1. Иващенко А.В. Управление взаимодействием персонала предприятия в многоакторной интегрированной информационной среде / Программные продукты и системы, 2012. – № 3. – с. 18 – 22
2. Кременецкая М.Е., Соллогуб А.В., Филатов А.Н. Итерационные модели оценки количества изменений на этапах разработки ракетно-космической техники // Полет, 2012. – № 3. – с. 13 – 17

М.В. Андреев

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ MES-СИСТЕМ ДЛЯ КРУПНЫХ НАУКОЕМКИХ ПРОИЗВОДСТВ, ОТЛИЧАЮЩИХСЯ ВЫСОКОЙ ДИНАМИКОЙ ИЗМЕНЕНИЯ НОМЕНКЛАТУРЫ ИЗДЕЛИЙ

(ООО «Открытый код»)

Среди множества автоматизированных систем машиностроительных предприятий выделяют особый класс – MES-системы [1]. Необходимость производства конкурентоспособных изделий требует от предприятия осваивать и использовать новейшие технологии, благодаря которым становится возможно гибко реагировать на современную конъюнктуру рынка. Среди таких технологий можно назвать мультиагентный подход, зарекомендовавший себя в различных областях – планирования транспортной и морской логистики, цепочек поставок и дискретного производства [2, 3, 4]. Однако, на ранних этапах внедрения систем, построенных на данных принципах, часто поднимается вопрос производительности, который становятся существенными при запуске в опытную эксплуатацию. Вместе с этим, в IT индустрии наблюдается быстрый рост количества высоконагруженных проектов, которые основываются на использовании принципов распределенности и облачных вычислений [5], что позволяет рассматривать и говорить о развертывании мультиагентных MES-систем в таких окружениях.



Отдельное ядро много-процессорной системы (для простоты понимания без разделения на удаленные и локальные – на разных серверах или внутри одного соответственно), с установленной на него и работающим компонентом мультиагентной системы будем называть вычислительным ядром.

Одним из наиболее общих критериев для разделения на вычислительные ядра является уже сложившаяся структура предприятия. В этом случае выделяют горизонтальное – между смежными подразделениями (цеха, участки, смены) и вертикальное взаимодействие (между цехом и предприятием, участком и цехом и т.п.) [6]. В случае горизонтального разделения для каждого такого подразделения выделяют отдельное вычислительное ядро, обеспечивающее функционирование соответствующей виртуальной площадки [7]. При вертикальном взаимодействии подразделение, находящееся выше по иерархии, оперирует, как правило, укрупненными данными, что является следствием ограниченной производительности соответствующего вычислительного ядра. В этом смысле решение задачи взаимодействия вычислительных ядер для разно-уровневых подразделений переходит в область согласования общих терминов и их измерений – интеграции онтологий подразделений. Примером может служить согласование сроков выполнений пакета заказов (которые в свою очередь должны быть объемно запланированы с учетом производственных мощностей предприятия в целом), сроков поставок материалов с конкретными технологическими операциями по изготовлению ДСЕ из этих материалов в цехах и участках.

Кроме интеграции онтологий по терминам возникает и проблема увязывания критериев. Для примера можно привести «месячную выработку в часах» рабочим. С точки зрения вышестоящего подразделения повышение месячной выработки в часах рабочего – положительная тенденция, так как при фиксированном окладе рабочий делает все больше и больше. С другой стороны, если рабочий покажет слишком большое повышение, то на это обратят внимания не только с точки зрения премии, но и корректности установленных норм на выполненные работы.

Кроме рассмотренного выше деления на стратегический и оперативный уровни планирования рассмотрим и другие, дающие возможность форсировать скорость работы автоматизированной системы.

Среди всех операций расписания можно выделить три множества операций, обладающие различной динамикой перемещения в расписании: выполненные операции - перемещения нет; планируемые на исполнение в ближайшее время (горизонт исполнения) – динамика крайне высокая; план - динамика снижается по мере отдаления от горизонта исполнения. Для каждой из такой зон может выделяться вычислительное ядро. Вместе с этим данное разделение может быть недостаточным. В качестве дополнительного критерия для выделения отдельного ядра может служить дискретное деление горизонтов (например, каждая неделя/месяц - отдельное ядро) а так же группы похожих производственных ресурсов (например, рабочие одной и той же специальности).

Вместе с задачей разделения монолитной пусть и мультиагентной системы на распределенные компоненты – вычислительные ядра, должна ставиться и



задача утилизации данных ядер, так как это напрямую влияет как на стоимость разрабатываемых автоматизированных систем, так и на стоимость их обслуживания. В частности, это становится актуальным при использовании промышленных серверов приложений, применение которых обусловлено необходимостью высоконадежной работы системы для критически важных производств предприятия, лицензия на использование которых напрямую зависит от количества задействованных ядер, что уже на этапе внедрения в подразделение может достигать значительной стоимости даже для предприятия в целом. Как правило, при внедрении крупных автоматизированных систем составляется план на несколько лет вперед по расширению как программного, так и аппаратного обеспечения, включающего и план по лицензиям.

Заложенные в архитектуру MES-системы принципы напрямую влияют на производительность ее работы, что в свою очередь оказывает влияние как на качество принимаемых управленческих решений, так и на сами бизнес-процессы предприятия. В ситуации, когда автоматизированная система будет неторопливо давать ответы, то и сами бизнес-процессы будут работать в том же темпе. В этом смысле особенности разработанной автоматизированной системы становятся особенностями работающего с ней предприятия или его подразделения. Именно необходимость работы в режимах реального времени при принятии решений в условиях широких изменяющихся спектрах номенклатуры производимых наукоемких изделий и большой динамики спроса на них диктует переход от централизованной системы к распределенной как виртуально – внутри одного сервера, так и физически между удаленными серверами, вычислительными ядрами.

Литература

1. Фролов Е.Б., Загидуллин Р.Р. Оперативно-календарное планирование и диспетчирование в MES-системах. Станочный парк, 2008, №11(56), с.22 – 27
2. Андреев В.В., Андреев М.В., Батищев С.В., Искварина М.В., Скобелев П.О. Мультиагентный конструктор и планировщик транспортных сетей. // Труды VI-ой международной конференции «Проблемы управления и моделирования в сложных системах». Самара: СНЦ РАН, 2004. – с. 254 – 259
3. Andreev M.V., Skobelev P.O., Shveykin P.K., Tsarev A.V., Tugashev A.A. Adaptive Planning for Supply Chain Networks. // 3rd International Conference on Industrial Applications of Holonic and Multi-Agent Systems September 3 - 5, 2007, Regensburg, Germany. – pp. 215 – 224
4. Иващенко А.В., Андреев М.В. Адаптивное управление планом мелко-серийного производства на промышленном предприятии // Системы управления и информационные технологии, 2008, №3 (33) – с. 62 – 66
5. <http://www.insight-it.ru/highload/>
6. Иващенко А.В., Карсаев О.В., Скобелев П.О., Царев А.В., Юсупов Р.М. Мультиагентные технологии для разработки сетцентрических систем управления / Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2011. – № 3 (116). – с. 11 – 23



7. Иващенко А.В. Управление взаимодействием персонала предприятия в многоакторной интегрированной информационной среде / Программные продукты и системы, 2012. – № 3. – с. 18 – 22

А.М. Леднев

ОРГАНИЗАЦИЯ АУКЦИОНА В МНОГОАКТОРНОЙ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»)

В настоящее время широко распространена концепция построения распределенной гетерогенной интегрированной информационной среды предприятия с топологией P2P сети [1], содержащей активные программные компоненты, способные обмениваться сообщениями по принципу «каждый с каждым» [2]. На практике удается успешно применять эту концепцию, например, при разработке и внедрении мультиагентных технологий, однако при этом часто возникают проблемы организации управления подобными системами, связанные с невозможностью применять классические методы оптимизации.

Одним из перспективных подходов к построению системы косвенного информационного управления является применение методов и средств управления согласованным взаимодействием в многоакторной интегрированной информационной среде [3], направленных на обеспечение ритмичности событий по обмену сообщениями между участниками процесса взаимодействия, в качестве которых могут выступать как сотрудники предприятия, так и программные агенты. Для реализации этого подхода при управлении взаимодействием активных программных компонентов в P2P сети можно предложить модель аукциона [4], что может быть полезным разработчикам интеллектуальных автоматизированных систем планирования ресурсов в различных предметных областях.

Рассмотрим актуальную задачу автоматизации распределения мобильных ресурсов в режиме реального времени на примере интеллектуальной системы планирования в транспортной логистике, являющейся распространенным примером реализации многоакторной интегрированной информационной среды. В рамках такой задачи необходимо запланировать поступающие в реальном времени заказы на доставку грузов на транспортные средства, обеспечивая выполнение заказов в срок (с минимальным отклонением от требуемого времени доставки) при максимальной загрузке ресурсов (минимум суммарного пустого пробега).

При решении такой задачи бывает полезным вовлечение водителей в процесс принятия решений, что позволяет учитывать специфические критерии назначения каждого заказа. В ответ на такой индивидуальный подход диспетчер рассчитывает на повышение качества выполнения заказов, что сказывается на общем уровне сервиса. Таким образом, диспетчер как бы «продает» заказы водителям, стимулируя лояльность по отношению к компании и повышение качества выполнения работы.



Технически реализовать такое взаимодействие можно с помощью современных информационно-коммуникационных технологий, однако, при автоматизированном решении этой задачи в случае, когда предпочтения водителей известны, переговоры о назначении заказа можно перенести в виртуальную среду, образованную P2P сетью активных программ, моделирующих поведение акторов – лиц, принимающих решения. В качестве одной из моделей такого распределения рассмотрим модель аукциона, в котором каждый заказ выступает в качестве лота, а водители – в качестве участников аукциона. Стратегической целью проведения такого аукциона является дополнительная «загрузка» ресурсов, при этом могут увеличиваться риски невыполнения заказов, а итоговое расписание в общем случае не будет консистентным

Аукционом будем называть публичную продажу одного лота по заранее установленным правилам, определяемым центром перед началом аукциона. Роль диспетчера выполняет центр, который в разные интервалы времени представляет некоторые ресурсы (лоты), интересные актерам в разной степени. Целью центра является обеспечение максимального суммарного выигрыша от реализации всех лотов за некоторый интервал времени. Победителем аукциона становится актер, выигравший аукцион в соответствии с его правилами. Целью актора является приобретение максимального количества лотов наибольшего интереса при минимальных затратах.

Для эффективного решения поставленной задачи планирования транспортных ресурсов необходимо аукцион проводить в несколько итераций или этапов, на каждом из которых центр будет выстраивать взаимодействие с участниками аукциона по схеме P2P, сообщая им текущую цену и предложившего ее ожидаемого победителя и интервала времени, в течение которого будут собираться контрпредложения. На каждом этапе может быть выбрана своя модель аукциона, однако для простоты определения правил взаимодействия целесообразно выбрать одну из наиболее простых моделей, например, каждую итерацию проводить закрытый английский аукцион первой цены. В этом случае на каждом этапе каждый участник не видит ставки своих оппонентов и не изменяет свою ставку, но по завершению этапа может повысить цену и инициировать новую итерацию. Аукцион завершается в случае, если контрпредложения перестают поступать.

В таком аукционе центр может управлять лишь временными характеристиками процесса сбора заявок, аналогично тому, как при проведении реального аукциона ведущий увеличивает паузы между первым, вторым и третьим ударами молотка. Такое поведение в реальности провоцирует участников аукциона повышать ставки наперегонки, а в многоакторной среде стимулирует информационное взаимодействие. Таким образом, предлагается 1) при решении задач организации эффективного распределения ресурсов в распределенной многоакторной среде предлагается проводить аукцион в несколько этапов / итераций; 2) в качестве основного механизма управления распределением ресурсов в условиях применения выбранной модели аукциона предлагается варьирование интервалов времени торгов по каждому лоту.



При практической реализации описанной схемы в задачах автоматизации управления распределением ресурсов может быть полезной также модель распродажи. В настоящее время во многих магазинах существует практика проведение распродаж в несколько этапов в соответствии с моделью голландского аукциона. На каждом последующем этапе стоимость товара уменьшается на определенное количество процентов. Таким образом, с одной стороны магазин пытается как можно быстрее избавиться от застаревшего товара, обновив прилавки и, при этом, получив максимальную прибыль, с другой стороны покупатели хотят купить товар по меньшей стоимости. Покупатель не может быть уверен, что нужный ему товар (его размера, цвета и т.д.) не будет куплен кем-то другим в ближайшее время, и что данный этап распродажи не является заключительным. Также магазин может вовсе не понижать дальше цену на определенные товары, тем самым, сделав выжидательную тактику покупателя бессмысленной.

Таким образом, решается задача проведения множественных итерационных аукционов с единым центром и неопределенным количеством акторов. Существенным упрощением по отношению к рассмотренной выше модели аукциона является отсутствие возможности акторов влиять на стоимость товара, указывая свои предложения. В этом случае время решения становится еще более определяющим фактором: в случае, когда акторы относительно долго не проявляют интереса, центр вынужден сильнее снижать цену на товар, чтобы его стали покупать.

Проведенные исследования [4] показали возможность применения модели аукциона при решении задач управления распределением ресурсов предприятия в интегрированной информационной среде с топологией P2P сети. Применение данной модели может быть полезно при построении интеллектуальных систем планирования в транспортной и производственной логистике, а также при решении других проблем поддержки принятия решений в режиме реального времени.

Литература

1. Schoder D., Fischbach K. Peer-to-peer prospects / Communications of the ACM, 2003. – vol. 46, no. 2. – pp 27 – 29
2. Lednev A. Mobile P2P taxi service / MSc Dissertation, University of Surrey. – 2010. – 75 p.
3. Иващенко А.В. Управление взаимодействием персонала предприятия в многоакторной интегрированной информационной среде / Программные продукты и системы, 2012. – № 3. – с. 18 – 22
4. Иващенко А.В. Управление согласованным взаимодействием пользователей интегрированной информационной среды предприятия / Самара: Самарский научный центр РАН, 2011. – 100 с.
5. Иващенко А.В., Леднев А.М. Модель аукциона в задачах управления взаимодействием активных программ по схеме P2P // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки», 2012. – № 3 (35). – с. 19 – 25



А.В. Соллогу¹, П.О. Скобелев³, Е.В. Симонова²,
М.Е. Степанов², А.А. Жилиев², А.В. Царев³

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

(¹ ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс»,

² ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»,

³ Научно-производственная компания «Разумные решения», г. Самара)

Введение

Космические системы дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) предназначены для наблюдения за объектами и процессами, происходящими на поверхности Земли и в околоземном пространстве. С развитием технологии ДЗЗ наметился переход от одиночных космических аппаратов (КА) ДЗЗ к их группировкам (кластерам). Такой переход невозможен без решения задачи управления коллективами подвижных объектов.

В целях решения этой задачи была разработана интеллектуальная система коллективного управления группировкой спутников, построенная на основе применения баз знаний и мультиагентных технологий [1].

1 Интеллектуальная система управления группировкой космических аппаратов

Интеллектуальная система управления группировкой космических аппаратов предназначена для решения задачи управления роем миниатюрных роботов-спутников различных типов зондирования, выполняющих дистанционное и сигнатурное зондирование Земли.

Интеллектуальная система основана на использовании метода согласованного взаимодействия коллектива подвижных агентов, в котором спутники динамически формируют команду, состоящую из кластеров КА и одиночных КА, распределяют между собой поставленную задачу и решают ее по частям, в зависимости от своей позиции и возможностей, имеющегося на борту оборудования и других параметров. При этом задачи и роли каждого объекта в группе определяются в распределенном взаимодействии динамически, в реальном времени, причем могут адаптивно изменяться при изменении ситуации [2].

2 Экспериментальные исследования моделей групповых операций МКА

Эксперименты в интеллектуальной системе проводятся в соответствии со следующими условиями. Вся имеющаяся группировка КА может быть разбита на кластеры различных видов в соответствии с решаемой задачей. Каждому спутнику известны орбитальные параметры всех спутников из кластера, в который он включен. Каждый спутник может входить в один или более кластеров. Каждому спутнику поставлен в соответствие пул задач, т.е. один спутник одновременно может работать с несколькими целями. В процессе перемещения по орбите спутник способен просматривать имеющийся пул задач и приступать к



исследованию ближайшей цели. Спутники могут участвовать в переговорах между собой и с центром обработки данных (ЦОДом). Для обеспечения коммуникации между спутниками при отсутствии у них взаимной прямой видимости используются ретрансляторы – специальные коммуникационные спутники, расположенные на геостационарной орбите. Реализована возможность выбора доступных для спутника способов коммуникации [3,4].

В системе имеется механизм построения цепочки КА, обеспечивающей максимально продолжительное покрытие интервала исследования объекта наблюдения. Данный механизм используется для рационального распределения заданий между спутниками на начальном этапе планирования.

Получение спутником очередного задания может привести к пересмотру его плана исследования объекта. Перепланирование осуществляется в два этапа:

1. Определение цели, которую следует попытаться передать.
2. Поиск спутника, наиболее подходящего для исследования этой цели.

На первом этапе выполняется сравнение характеристик целей, входящих в пул задач КА, на втором – переговоры между агентами спутников и определение критерия – величины, количественно измеряющей степень пригодности спутника для исследования конкретной цели.

Для реализации экспериментов, рассматриваемых далее, используется следующая модель группировки спутников. Пусть в ДЗЗ участвуют 32 МКА и три спутника-ретранслятора, находящихся на геостационарной орбите. КА размещаются по 8 единиц по четырем орбитам, расположенным перпендикулярно экваториальной плоскости, и повернутым относительно друг друга на 90 градусов.

2.1 Использование переговоров при планировании задач ДЗЗ

Задача состоит в исследовании нескольких близкорасположенных целей, число которых в разных сериях экспериментов изменяется от 1 до 6. Во всех испытаниях максимальное число одновременно исследуемых спутником целей равно двум.

В ходе эксперимента было проведено 2 группы по 30 испытаний:

1. При получении трех и более целей спутник пытается передать их другому КА, т.е. после первоначального централизованного распределения проводилось перепланирование, осуществляемое посредством переговоров между спутниками;
2. При получении трех и более целей спутник откладывает их исследование до того, как будет выполнено исследование уже имеющихся целей, т.е. выполняется резервирование без переговоров.

При этом множество испытаний дополнительно разбивается на 6 серий, различающихся по количеству имеющихся на сцене целей.

В таблице 1 приведены полученные в ходе эксперимента значения времени (в часах модельного времени), затраченного на исследование всех целей. Для каждой серии испытаний приведены значения среднего арифметического $\bar{x}$ и среднеквадратического отклонения σ времени исследования целей.



Таблица 1. Оценки времени планирования задач ДЗЗ
с использованием переговоров и без переговоров

Число целей		1	2	3	4	5	6
$\bar{x}$	Резервиров.	42.8	57.4	66.6	103	103.8	130.8
$\bar{x}$	Переговоры	43.6	57.8	59.4	86.8	90.6	117.2
σ	Резервиров.	2.79	2.5	1.6	8.97	18.08	25.48
σ	Переговоры	3.07	1.72	2.5	3.76	3.61	13.47

На основании результатов эксперимента можно сделать следующие выводы:

1. Наилучший эффект от применения переговоров (экономия времени 16.2 часа) достигается при 4 целях на сцене. В этом случае удастся найти еще свободные спутники, обеспечивающие достаточно продолжительную видимость цели. При дальнейшем увеличении количества целей на сцене и сохранении ограничения на максимальное число исследуемых спутником целей равным двум, поиск свободных спутников затрудняется и чаще всего не приводит к результату.
2. Использование переговоров позволяет существенно снизить среднеквадратическое отклонение величины времени, затраченного на исследование целей. При этом общее время выполнения задач ДЗЗ становится более определенным и лучше прогнозируемым.

2.2 Сравнение энергозатрат группировки спутников при различных способах коммуникаций

Цель эксперимента – оценить общие затраты энергии группировки спутников для проведения исследования при следующих способах коммуникации:

- передача напрямую или через ретрансляторы,
- передача только через ретрансляторы.

Затраты энергии при передаче сообщения напрямую приняты равными 5 условным единицам, а через ретрансляторы – 10 условным единицам. В ходе эксперимента было проведено 30 испытаний, различающихся как по разрешенным способам коммуникации, так и по количеству целей на сцене.

На рис. 1 приведены полученные в ходе эксперимента значения суммарных энергозатрат группировки. Рост количества целей ведет к пропорциональному увеличению сообщений между КА и, как следствие, повышению энергозатрат на их передачу. При этом комбинирование способов передачи позволяет сократить энергозатраты в среднем на 28 %.

Заключение

Приведенные выше результаты исследований подтвердили эффективность методов согласованного планирования и управления групповыми операциями, выполняемыми кластером МКА за счет переговоров между спутниками без привлечения наземных служб в условиях априорной неопределенности и высокой динамики возникновения непредвиденных событий.

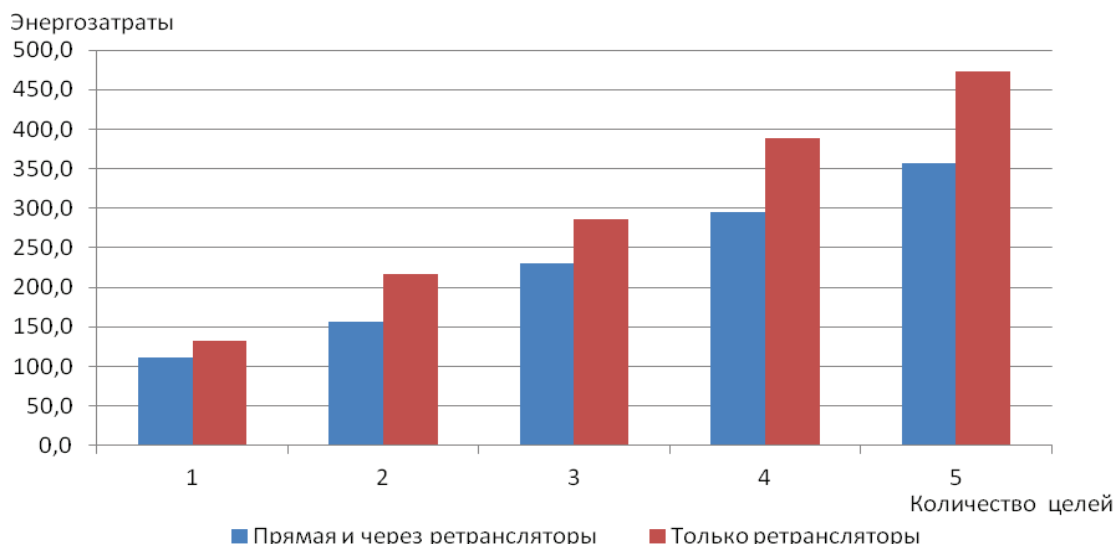


Рис. 1. Графическое представление результатов эксперимента по сравнению энергозатрат группировки КА при различных способах коммуникаций

Литература

1. П.О.Скобелев, А.В.Соллогуб, А.В.Иващенко, Е.В.Симонова, М.Е.Степанов, А.В.Царев. Мультиагентная система для исследования методов взаимодействия космических аппаратов дистанционного зондирования Земли // Перспективные информационные технологии для авиации и космоса (ПИТ-2010). Труды Международной конференции с элементами научной школы для молодежи, Самара, 29 сентября – 1 октября 2010 г. Самара: СГАУ, 2010. – с. 226 – 230
2. Соллогуб А. В. Скобелев П. О., Симонова Е. В., Степанов М.Е., Царев А.В. Проблемы автономного согласованного межспутникового взаимодействия в гетерогенных мультиагентных системах МКА ДЗЗ // Мехатроника, автоматизация, управление, 2012. – № 4. – с.65 – 70
3. Соллогуб А. В., Скобелев П. О., Симонова Е. В., Царев А. В., Степанов М. Е. Модели сетцентрических задач планирования и управления групповыми операциями кластера малоразмерных космических аппаратов при решении задач дистанционного зондирования Земли. // Информационно-управляющие системы, 2012. – №1 (56). – с.34 – 38
4. Соллогуб А.В., Скобелев П.О., Симонова Е.В., Степанов М.Е., Царев А.В., Жилиев А.А. Оценка эффективности кластера малых космических аппаратов дистанционного зондирования Земли // Информационно-управляющие системы. – 2012. №5(60). – С. 24 – 28.



РЕАЛИЗАЦИЯ МНОГОАКТОРНОЙ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ЗАДАЧАХ КОМПЛЕКСНОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

(ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс»)

Обеспечение безопасности современного научно-производственного предприятия является одним из важнейших аспектов сохранения его конкурентоспособности. При этом необходимо обеспечивать комплексный характер противодействия угрозам, что подразумевает привлечение экспертов разной специализации для постоянного и согласованного взаимодействия по анализу рисков различной природы. Для повышения эффективности такого взаимодействия и обеспечения его необходимыми исходными данными оно должно быть организовано на базе единого информационного пространства. Этой проблеме посвящены многие работы современных ученых [1 – 3].

Данная задача является актуальной и сложной, поскольку при организации такого взаимодействия необходимо учитывать человеческий фактор и фактор времени: подавляющее большинство новых рисков должны быть адекватно оценены коллективом экспертов и преграды для соответствующих угроз должны выставляться своевременно. Решить поставленную задачу можно с использованием методов и средств управления согласованным взаимодействием в многоакторной интегрированной информационной среде [4, 5], которые позволяют разработать модель противодействия угрозам и реализовать комплекс программ по согласованному анализу рисков.

Предлагаемая модель [6] позволяет учитывать эти факторы и решать задачи организации функционирования подразделений по согласованному анализу рисков. Определим множество акторов – экспертов:

$$U = \{u_i\}, \quad i = 1..N_u. \quad (1)$$

Пусть для каждой угрозы (информационного объекта):

$$e_j \in E = \{e_j\}, \quad j = 1..N_e \quad (2)$$

акторы определяют возможность ее возникновения в момент времени t_{ij}^* :

$$s(u_i, e_j, t_{ij}^*, t_{ij}) = \{1, 0\}, \quad (3)$$

где 1 или 0 обозначает положительное решение или его отсутствие соответственно, t_{ij} – время оценки экспертом u_i угрозы e_j .

Будем считать, что актер принимает либо положительное, либо отрицательное решение о возможности возникновения угрозы.

Введем показатель возможности возникновения угрозы на интервале (t_1, t_2) , который назовем интервалом ожидания, следующим образом:



$$R(e_j, t_1, t_2) = \frac{1}{N_u} \sum_{i=1}^{N_u} s(u_i, e_j, t_{ij}^*, t_{ij}) \cdot \delta_{ij}(t_1, t_2), \quad (4)$$

где

$$\delta_{ij}(t_1, t_2) = \begin{cases} 1, & t_{ij}^* \in (t_1, t_2) \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}.$$

Показатель $R(e_j, t_1, t_2)$ по результатам оценок экспертов отражает риск возникновения угрозы в период времени (t_1, t_2) .

Поток реальных событий-инцидентов угроз представим в виде:

$$W = \{w(e_j, t_k)\}, \quad k = 1..N_w(e_j), \quad (5)$$

где k – порядковый номер каждого события инцидента угрозы e_j .

Задачу согласования взаимодействия экспертов по противодействию угрозам на интервале (t_1, t_2) определим следующим образом:

$$V(\Delta t) = \frac{\sum_{j=1}^{N_e} \sum_{k=1}^{N_w(e_j)} R\left(e_j, t_k - \frac{\Delta t}{2}, t_k + \frac{\Delta t}{2}\right) \cdot w(e_j, t_k)}{\sum_{j=1}^{N_e} \sum_{k=1}^{N_w(e_j)} R(e_j, t_1, t_{N_w(e_j)})} \rightarrow \max, \quad (6)$$

где $\Delta t = t_2 - t_1$ – интервал ожидания события-инцидента угрозы.

Таким образом, необходимо, чтобы как можно большее количество экспертов указало на существование угрозы в указанный период времени в случае, если эти угрозы реально происходили. Отметим, что повлиять на $w(e_j, t_k)$ нельзя, так как этот поток событий не зависит от действий экспертов.

Допустим, что экспертов (акторов) несколько на площадке, соответствующей заданному риску, и на каждом этапе они производят регулярную переоценку рисков и возможное изменение мероприятий по их устранению. Поток событий по оценке вероятности на основе анализа природы его возникновения можно представить в виде периодического потока с дрожанием и потерей отсчетов [7]. Действительно, события по оценке риска являются периодическими, смещенными со случайной девиацией.

Поток внешних событий можно представить в виде потока с аддитивной дискретизацией, при этом значения временного ряда соответствуют вероятностям угроз. Для повышения эффективности управленческих решений необходимо обеспечить требуемые характеристики потока событий по оценке рисков и выработке мероприятий. При этом особое внимание уделяется своевременности оценки риска и выработки мероприятий в условиях высокой динамики поступающих событий. В частности, необходимо проводить сравнительный анализ потоков внешних событий и потоков оценки рисков экспертами, а также потоков экспертных оценок между собой.

Данная модель анализа рисков и выработки мероприятий в отличие от других известных моделей, применяемых в этой области, позволяет ввести механизм анализа эффективности организации деятельности по противодействию



угрозам в части обеспечения согласованности процессов управления рисками. В анализе согласованности действий экспертов необходимо рассматривать взаимные характеристики потоков оценок риска несколькими экспертами и потоков событий-инцидентов угроз безопасности, соответствующих данным оценкам рисков.

В качестве основного рассматриваемого свойства можно выбрать степень линейной связи между указанными потоками. Отметим, что интервалы времени между событиями различны: потоки оценок рисков и событий-инцидентов угроз представляют собой неэквидистантные временные ряды [7]. Например, при оценке рисков возможны опоздания или опережения, которые должны учитываться алгоритмом только в том случае, если они вносят существенный вклад в оценку риска. С учетом данной специфики можно предложить интервальную оценку индикатора согласованности оценки риска (ИСОР), значения которого показывают, насколько точно попадают времена производимых оценок в интервалы ожидания, определяемые требованиями по согласованности взаимодействия экспертов. Интервальную оценку ИСОР можно представить в виде:

$$C_{xy}(J) = \frac{1}{M_x} \sum_{i=1}^{M_x} \sum_{s=0}^L \delta_{J,i+s}^{xy}, \quad (7)$$

где J – номер отсчета (интервала) ИСОР, $\Delta\tau$ – интервал дискретизации ИСОР, M_x – количество отчетов временного ряда, L – количество рассматриваемых отсчетов второго временного ряда,

$$\delta_{J,i+s}^{xy} = \begin{cases} 1, & \text{ent} \left[\frac{t_{i+s}^y - t_i^x}{\Delta\tau} + 1 \right] = J \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}.$$

Для проведения анализа согласованности процесса принятия решений предлагается следующая методика. Если частота возникновения событий-инцидентов угроз сопоставима с частотой проведения оценки экспертами, тогда вид ИСОР для потока событий и потока оценок будет аналогичен рис. 1 (слева). Если длительность мероприятий сопоставима с частотой проведения оценок, либо несколько больше, то будет наблюдаться минимум сработавших угроз. Если частота проведения оценки меньше, чем частота возникновения событий-инцидентов угроз, ИСОР имеет вид, представленный на рис. 1 (справа). При подобном виде графика ИСОР будут эффективны только те мероприятия, длительность которых превосходит частоту оценки.

Можно показать, что для максимума ИСОР на интервале ожидания соблюдается максимум $V(\Delta t)$. Отметим, что наличие корреляции между потоками оценки разных экспертов косвенно характеризует согласованность оценки риска, однако слишком большая задержка может свидетельствовать о том, что один из экспертов производит решение под влиянием второго. Отсутствие корреляции между оценками риска одного эксперта или взаимной корреляции экспертных оценок говорит о необходимости пересмотра мероприятий по борьбе с данными рисками.

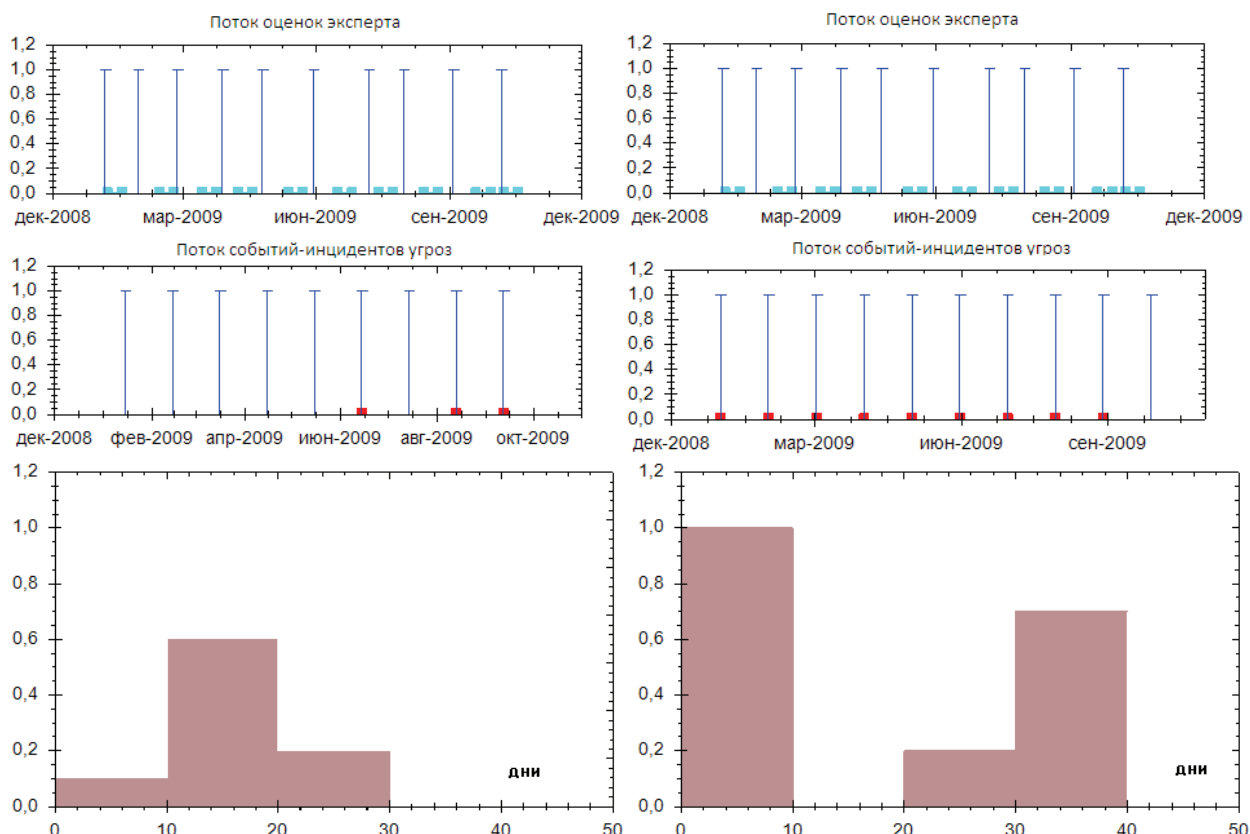


Рис. 1. ИСОР для потока оценок с дрожанием
(в случае своевременного выставления преграды в интервале ожидания угрозы (слева) и в случае неправильных решений (справа))

Литература

1. Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Комплексное моделирование рисков при выработке управленческих решений в сложных организационно-технических системах // Проблемы управления и информатики, 2006. – № 1 – 2. – с. 39 – 59
2. Костогрызлов А.И., Степанов П.В. Инновационное управление качеством и рисками в жизненном цикле систем.- М.: Изд-во ВПК, 2008.– 404 с.
3. Северцев Н.А., Бецков А.В. Системный анализ теории безопасности. – М.: ТЕИС, 2009. – 452 с.
4. Иващенко А.В. Управление взаимодействием персонала предприятия в многоакторной интегрированной информационной среде / Программные продукты и системы, 2012. – № 3. – с. 18 – 22
5. Иващенко А.В. Управление согласованным взаимодействием пользователей интегрированной информационной среды предприятия / Самара: СНЦ РАН, 2011. – 100 с., ил.
6. Прохоров С.А., Федосеев А.А., Иващенко А.В., Бабанин И.О. Повышение объективности согласованного управления рисками // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки, № 4 (16). – 2010. – с. 15 – 23
7. Прикладной анализ случайных процессов. Под ред. Прохорова С.А./ СНЦ РАН, 2007. – 582 с.



ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ТРАНСПОРТЕ

К.М. Бадгетдинова

ЭВОЛЮЦИОННЫЕ СТРАТЕГИИ ДЛЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТА С УЧЕТОМ ВРЕМЕННЫХ ОКОН

(ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный
технический университет»)

При построении маршрутов следования транспортных средств (ТС) при доставке товаров и грузов, целесообразно использовать современные информационные технологии с оптимизационным алгоритмическим обеспечением. Процесс маршрутизации следования транспортных средств (VRP, Vehicle Routing Problem) является важнейшей частью предприятий, занимающихся грузоперевозками. Впервые формулировка проблемы маршрутизации предложена в работе [1] в 1959 году, и методы их решения с самыми разнообразными условиями широко представлены в зарубежных публикациях. Протяжённость маршрутов является ключевым моментом в транспортной логистике, поскольку от дальности перевозок зависят расходы на топливо, время в пути, оплата труда водителей. Актуальна разработка приближённых и эвристических алгоритмов, поскольку задача является чрезвычайно сложной: известные NP-трудные задачи коммивояжёра и одномерной упаковки контейнеров — всего лишь частные случаи VRP; в общем же случае в маршрутизации «переплетаются» задачи назначения, поиска путей, упаковки, составления расписания и другие. В данной статье рассматривается задача маршрутизации ТС с временными окнами.

1 Постановка задачи маршрутизации с временными окнами

Часто при планировании грузоперевозок важное значение имеет время доставки, которое оговаривается с клиентами заранее. В этом случае при построении маршрутов первичная роль отводится соблюдению установленных временных рамок и минимизации количества задействованных ТС. Соответствующая задача называется задачей маршрутизации с временными окнами (Vehicle Routing Problem with Time Windows, VRPTW) [2].

Формулируется задача следующим образом. Дан связный взвешенный неориентированный граф $G=(V, E)$; множество его вершин представляет собой набор пунктов $V=\{0, 1, \dots, m+1\}$, один из которых — депо (склад предприятия, вершина 0), а остальные — клиенты (пункты назначения; вершины $1, \dots, m+1$); множество рёбер представляет пути между пунктами $E=\{[i, j]: i, j \in V\}$.

Каждому клиенту приписывается некоторый промежуток времени в течение рабочего дня, когда продукция должна быть ему доставлена (e_v, l_v) . Вводятся



продолжительности проезда по ребрам c_{ij} ; также устанавливается время разгрузки в каждом из пунктов δ_{v_i} .

В распоряжении предприятия имеется неограниченное число одинаковых транспортных средств (ТС) с неограниченной грузоподъемностью.

Маршрут должен представлять собой простой путь, начинающийся и заканчивающийся в депо. Каждый клиент должен быть обслужен только одним ТС. Маршрут считается недопустимым, если ТС прибывает в пункт какого-либо клиента после наступления верхней границы его временного окна. Если ТС прибывает к клиенту до наступления нижней границы временного окна, то оно вынуждено ждать наступления этого времени; подобные простои w_{v_i} считаются нежелательными. Каждое ТС должно выехать из депо и вернуться туда в течение рабочего дня самого депо (e_0, l_0) , т. е. определен горизонт планирования.

Целью данной задачи является: минимизация количества задействованных ТС и суммарного времени в пути и времени простоя, необходимого для обслуживания всех клиентов в установленные сроки.

Математическая модель VRPTW. Обозначим за b_v начало работы у заказчика. Возможный маршрут $R_i = (v_0, v_1, \dots, v_m, v_{m+1})$, при условиях $e_{v_i} \leq b_{v_i} \leq l_{v_i}$, $1 \leq i \leq m$ и $b_{v_m} + \delta_{v_m} + c_{v_m, 0} \leq l_0$.

Начало работы у заказчика, при условии, что ТС успевает к следующему клиенту, как только он закончит обслуживание предыдущего, вычисляется как $b_{v_i} = \max\{e_{v_i}, b_{v_{i-1}} + \delta_{v_{i-1}} + c_{v_{i-1}, v_i}\}$, с условиями $b_0 = e_0$ и $\delta_0 = 0$. Таким образом, время простоя может быть вычислено по формуле $w_{v_i} = \max\{0, b_{v_i} - b_{v_{i-1}} - \delta_{v_{i-1}} - c_{v_{i-1}, v_i}\}$ для клиента v_i . Стоимость маршрута в данный момент времени: $C_{VRPTW}(R_i) = \sum_{i=0}^m c_{i,i+1} + \sum_{i=1}^m \delta_i + \sum_{i=0}^m w_{v_i}$. Необходимо минимизировать функцию $F_{VRPTW}(R_1, \dots, R_m) = \sum_{i=1}^m (C_{VRPTW}(R_i) + M)$, где $M = \text{const}$ – стоимость аренды одного ТС [2].

2 Применение эволюционного алгоритма для решения задачи маршрутизации

Решение задачи VRPTW путем составления полного перечня вариантов маршрутов с последующей оценкой каждого из вариантов и выбора наиболее подходящего, не представляется возможным в связи с большим количеством вариантов. Задача может быть решена эффективно эвристическими алгоритмами.

Наиболее перспективным представляется разработка алгоритма перебора случайных вариантов с использованием выбранной метаэвристики $(\mu + \lambda)$ -EA [3] (EA – эволюционный алгоритм).

Применение общего эволюционного алгоритма для решения задачи маршрутизации с заданными временными окнами: Случайным образом формируются λ последовательностей посещения клиентов транспортным средством.



Итерации эволюционного поиска производятся следующим образом:

1. Из λ последовательностей формируются еще μ последовательностей посещения вершин с помощью оператора мутации (две случайные вершины в последовательности меняются местами).
2. Получаем $(\mu+\lambda)$ последовательностей, для каждой из которых вычисляется значение целевой функции F_{VRPTW} .
3. Из них отбираются λ последовательностей с минимальными значениями целевой функции, остальные предаются забвению. Переход на следующую итерацию.

Алгоритм (1+1)-ЕА – частный случай общего эволюционного алгоритма, когда $\mu < \lambda = 1$ (одна особь в популяции и один потомок). Его называют еще одноточечным эволюционным алгоритмом [4].

3 Вычислительный эксперимент

Для оценки эффективности работы предложенного метода было сгенерировано 1500 тестовых примеров. Проведено 5 видов численных экспериментов по исследованию эффективности предложенных эволюционных алгоритмов $((\mu+\lambda)$ -ЕА, (1+1)-ЕА) и сравнение их с «жадным» на различных классах исходных данных. Исследование показало, что для нахождения наилучшего решения достаточно 50 000 итераций эволюционного поиска, и что эффективность алгоритмов (1+1)-ЕА и $(\mu+\lambda)$ -ЕА превышает эффективность «жадного» алгоритма в среднем на 26.21% и 27.66% соответственно. Это подтверждает целесообразность использования эволюционных стратегий для маршрутизации транспортных средств в современных информационных системах.

Литература

1. Dantzig G.B., Ramser J.H. The truck dispatching problem // Management Science, 1959. – 6. – pp. 80 – 90
2. The VRP Web – in collaboration between AUREN and the Languages and Computation Sciences department of the University of Málaga by Bernabé Dorronso Díaz (Personal homepage) – <http://neo.lcc.uma.es/radi-aeb/WebVRP>
3. Luke S. Essentials of Metaheuristics. A Set of Undergraduate Lecture Notes. Zeroth Edition. Online Version 0.5. October, 2009 (<http://cs.gmu.edu/~sean/book/metaheuristics/>). Перевел – Юрий Цой, 2009
4. Борисовский П.А., Еремеев А.В. О сравнении некоторых эволюционных алгоритмов // М.: Изд-во «Наука». Автоматика и телемеханика, 2004. – №3. – с. 3 – 9



Т.И. Михеева, О.К. Головнин, С.В. Михеев

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ ДАННЫХ НА ОСНОВЕ ПАТТЕРНОВ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Совместное использование принципов объектно-ориентированного проектирования с реляционными моделями данных при разработке программной оболочки интеллектуальных транспортных систем (ИТС) ведет к необходимости использования средств объектно-реляционного отображения [1]. Виртуальная объектная модель данных – объектно-реляционное отображение, связывающее реляционные модели данных с концепциями объектно-ориентированного проектирования. Отношение соответствует классу, кортеж отношения – экземпляру этого класса, атрибуты отношения при этом отображаются на атрибуты объекта или вызовы методов чтения/записи. Основным достоинством такого подхода является манипуляция реляционными данными в терминах объектно-ориентированного подхода.

При загрузке данных из реляционной базы данных в оперативную память ИТС удобно загружать не только данные об объекте, но и данные о сопряженных с ним объектах [2]. Например, при загрузке данных об объекте «Опора дислокации средств организации дорожного движения», загружаются данные о расположенных на данной опоре дорожных знаках, светофорах, точках электрического освещения. Такой принцип упрощает загрузку связанных данных и последующую работу с ними, так как нет необходимости в вызове дополнительных SQL-запросов на загрузку таких данных. Однако основной объект вынужден загружать все данные в явном виде, что в некоторых случаях ведет к загрузке большого количества сопряженных объектов, что, в свою очередь, плохо сказывается на производительности работы системы в целом, в тех случаях, когда эти данные не нужны. Таким образом, при использовании объектно-реляционного отображения возникает проблема загрузки избыточной информации [3]. Для решения данной проблемы в разрабатываемой ИТС применен паттерн «Загрузка по требованию».

Паттерн «Загрузка по требованию» подразумевает отказ от загрузки дополнительных данных, когда в этом нет необходимости [4]. Вместо явной загрузки данных устанавливается маркер незагруженности данных, и их надо загрузить в случае необходимости (рисунки 1).

Существует четыре основных подхода к применению паттерна «Загрузка по требованию» в ИТС:

- «Инициализация по требованию» — использует специальный маркер, чтобы пометить незагруженный атрибут объекта. При каждом обращении к атрибуту проверяется значение маркера и, если значение не загружено, оно загружается.



- «Виртуальный заместитель» — объект с таким же интерфейсом, как и настоящий объект. При первом обращении к любому атрибуту или методу объекта, виртуальный заместитель загружает настоящий объект и перенаправляет выполнение.
- «Контейнер значения» — объект с методом получения значения. При необходимости загрузки данных вызывается метод получения значения, который загружает реальный объект.
- «Призрак» — настоящий объект без каких-либо данных. При первом обращении к его методу или атрибуту, призрак загружает все данные сразу.

Для регулярного применения данного паттерна в ИТС целесообразно выполнить синтез таких подходов, как «Инициализация по требованию» и «Виртуальный заместитель», что обеспечивает оптимальное с точки зрения производительности использование паттерна. Подход «Контейнер значения» используется в ИТС для работы с большими массивами однотипных данных, например, таких как справочные данные адресного плана. «Контейнер значения» используется для работы с данными, которые должны быть загружены в определенный, чаще всего известный, момент времени (например, для опережающих выборок при моделировании движения транспортных средств по улично-дорожной сети). Подход «Призрак» используется вместо «Виртуального заместителя» в ИТС в тех случаях, когда возможно создание настоящего (невиртуального) объекта без данных и необходимые ресурсы на создание объекта меньше, чем ресурсы на создание заместителя.



Рис. 1. Иллюстрация работы паттерна «Загрузка по требованию»

В результате проведенных тестов быстродействия функционирования системы установлено, что применение паттерна «Загрузка по требованию» не снижает производительность системы в случаях, когда данные требуются, и дает существенный прирост производительности, если неподгруженные данные не нужны.

В процессе функционирования ИТС происходит постоянная загрузка необходимых данных, требующихся различным подсистемам. В некоторых случаях, разные подсистемы ИТС требуют для своей работы одни и те же данные. Таким образом, возможны неоднократные загрузки уже загруженных данных от конкурирующих или невзаимодействующих подсистем, что приводит к сни-



жению производительности. Вместе с тем при выполнении операций изменения данных, происходит конкуренция внесенных изменений, что может привести к повреждению данных в базе данных. Для решения данных проблем применен паттерн «Коллекция идентичности».

Паттерн «Коллекция идентичности» гарантирует, что каждый объект будет загружен из базы данных только один раз (рисунок 2). Для этого объявляется специальная коллекция объектов, загруженных из базы данных в пределах одной бизнес-транзакции. При получении запроса на загрузку данных необходимо просмотреть эту коллекцию в поисках нужного объекта. Если объект присутствует в коллекции – он передается запросившему его объекту, если объект отсутствует – выполняется его загрузка и добавление в коллекцию.

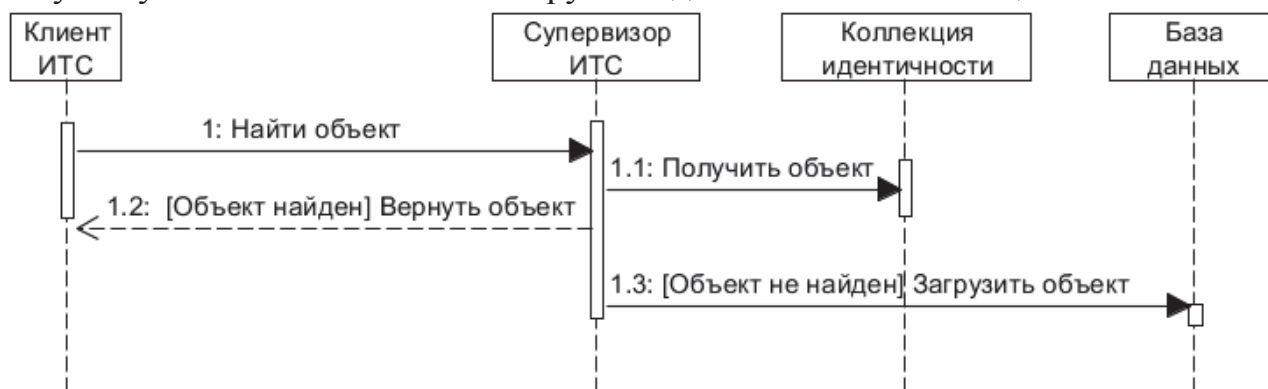


Рис. 2. Иллюстрация работы паттерна «Коллекция идентичности»

Разработаны четыре типа специальных коллекций идентичности, применяемых в ИТС.

Определенная – сохраняет объекты одного определенного типа. Применяется в тех случаях, когда требуется минимальное время поиска объекта в коллекции (например, поиск геопространственных данных). Минимальное время достигается за счет того, что не требуется выполнять операции сравнения и приведения типов. Недостатком данной коллекции является необходимость создавать различные коллекции для каждого типа объектов.

Обобщенная – сохраняет объекты разных типов. Применяется в тех случаях, когда требуется обеспечить удобство работы прикладных подсистем.

Сессионная – сохраняет объекты различных типов на определенное время. Применяется для работы с подключаемыми на определенное время клиентами ИТС, работающими со специфичными для них данными.

Категориальная – сохраняет объекты по категориям (рангам). Применяется для ранжирования данных по частоте использования.

Проведенные исследования производительности работы ИТС показали, что применение паттерна «Коллекция идентичности» позволяет избежать ошибок и повышает производительность ИТС.

Прикладные подсистемы ИТС нуждаются в различных интерфейсах к хранимым данным и к реализуемой логике: загрузчики данных, пользовательские интерфейсы, интеграционные шлюзы, контролеры и др. Эти интерфейсы часто нуждаются во взаимодействии с ИТС для доступа и управления данными и исполнения операций. Эти взаимодействия могут быть сложными, исполь-



зующими транзакции на нескольких ресурсах и управление несколькими ответами на действие. Внедрение рассмотренных паттернов «Загрузка по требованию» и «Коллекция идентичности» для каждого интерфейса приведет к разрастанию системы и дублированию функциональности.

Для решения данной проблемы применен паттерн «Сервисный уровень» (рисунок 3). Этот паттерн определяет для ИТС границу и набор допустимых операций с точки зрения взаимодействующих с ним прикладных подсистем. Он инкапсулирует бизнес-логику ИТС, управляя транзакциями и управляя ответами в реализации этих операций.



Рис. 3. Паттерн «Сервисный уровень»

Использование паттерна «Сервисный уровень» позволит встраивать дополнительные общие функции и структурные решения для дальнейшего использования интерфейсов подсистем ИТС.

Решены проблемы неконтролируемого разрастания данных и неоднократной их загрузки, повреждения данных в результате их дублирования, найден метод внедрения сделанных разработок в ИТС.

Литература

1. Михеева Т.И. Использование принципов объектно-ориентированного проектирования интеллектуальной транспортной системы // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Серия «Физико-математические науки», 2004. – № 34. – с. 141 – 149
2. Михеева Т.И. Базы данных в интеллектуальной транспортной системе // Нелинейный мир. Тез. докл. Десятой междисциплинарной научной конф. - Нижний Новгород: Изд-во ННГУ, 2005. – с. 93
3. Михеева Т.И., Головнин О.К. Дислокация ограждений на улично-дорожной сети города в геоинформационной системе «ITSGIS» / Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвуз. сб. науч. статей. – Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2012. – с. 212 – 215



4. Дубина О. Обзор паттернов проектирования. [www.citforum.ru/SE / project/pattern](http://www.citforum.ru/SE/project/pattern).

Т.И. Михеева, О.К. Головнин, Я.А. Тендляш, Е.В. Силакова

ТЕХНОЛОГИЯ УЧЕТА ОСТАНОВОК ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННОЙ КАРТЫ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

В современных условиях резкого повышения интенсивности транспортных потоков в крупных городах наблюдается угрожающая диспропорция между темпами развития улично-дорожной сети (УДС) и темпами роста количества автотранспорта, которая приводит к ухудшению условий движения, транспортным задержкам, перерасходу топлива, ухудшению экологической обстановки и социальному дискомфорту.

Создание интегрированных интеллектуальных транспортных систем (ИТС), как систем управления дорожно-транспортной инфраструктурой урбанизированной территории, позволит повысить уровень организации дорожного движения: улучшить характеристики улично-дорожной сети, усовершенствовать дислокацию технических средств организации дорожного движения, оптимизировать процесс управления транспортными потоками на всех фазах движения, уменьшая транспортные задержки, повышая безопасность движения [1]. ИТС, разрабатываемая преподавателями и студентами СГАУ, сложный программно-аппаратный комплекс интегрированных средств управления транспортной инфраструктурой (улично-дорожной сетью, техническими средствами организации дорожного движения, транспортными потоками), предназначенный для автоматизации решения задач, связанных с организацией дорожного движения на основе современных информационных технологий, обеспечивающих обработку различных видов информации о функционировании транспортной инфраструктуры в реальном масштабе времени [2]. Многоуровневая, сложноорганизованная ИТС представляет собой гибридную систему, состоящую из множества разнородных систем, сложным образом взаимодействующих друг с другом – управляющих, классифицирующих, прогнозирующих, экспертных, принимающих решения или поддерживающих эти процессы, объединенных для достижения единой цели – обеспечения безопасности движения.

Одной из подсистем ИТС является геоинформационная система ITSGIS. Она существенно облегчает ввод, визуализацию информации и проведение топологического анализа. ITSGIS объединяет операции работы с базой данных (БД), такие как запрос и статистический анализ, с преимуществами полноценной визуализации и пространственного анализа, которые предоставляет обычная географическая карта [3].



В ITSGIS используются различные модели представления данных, в частности, объектно-ориентированные модели, которые уже давно зарекомендовали себя в классических информационных системах как наиболее удобные и естественные математические модели представления физических объектов предметной области. В основе объектно-ориентированного подхода лежит принцип описания реальных объектов различной природы, таких как объекты транспортной инфраструктуры, и взаимодействий между ними [4].

Одним из модулей ITSGIS является модуль создания и обработки полигональных геообъектов. В качестве полигонального объекта рассматривается объект транспортной инфраструктуры города «Остановка общественного транспорта» (ООТ).

Для автоматизации работ по учету ООТ и минимизации ошибок требуется, чтобы сотрудник проектной организации производил дислокацию остановок в соответствии ГОСТ и СНиП с использованием электронной карты, для этого в ITSGIS существует подсистема «ITSGIS.Дислокация остановок общественного транспорта», предназначенная для создания и обработки объектов транспортной инфраструктуры города (рисунок 1).

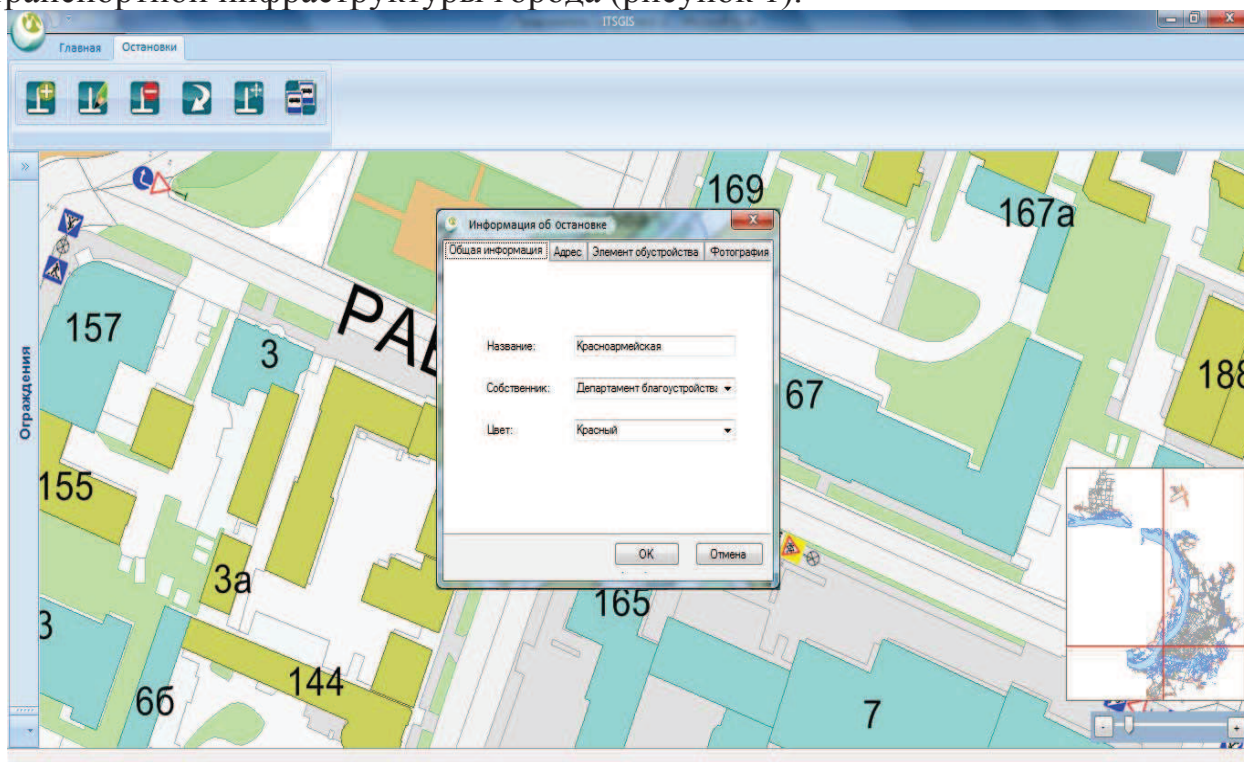


Рис. 1. Окно добавления информации об ООТ

Структура данных подсистемы отражает модель предметной области, содержащую такие сущности как «ООТ», «Собственник», «Элемент обустройства», «Адрес», «Город», «Улица», «Фотография», «Геометрия» (рисунок 2) [5].

Данные в системе хранятся в базе данных под управлением СУБД PostgreSQL, что обеспечивает высокую скорость доступа к этим данным из подсистем ITSGIS [6]. Связывание информации об одном объекте



осуществляется в специальном модуле системы по полю уникального идентификатора.

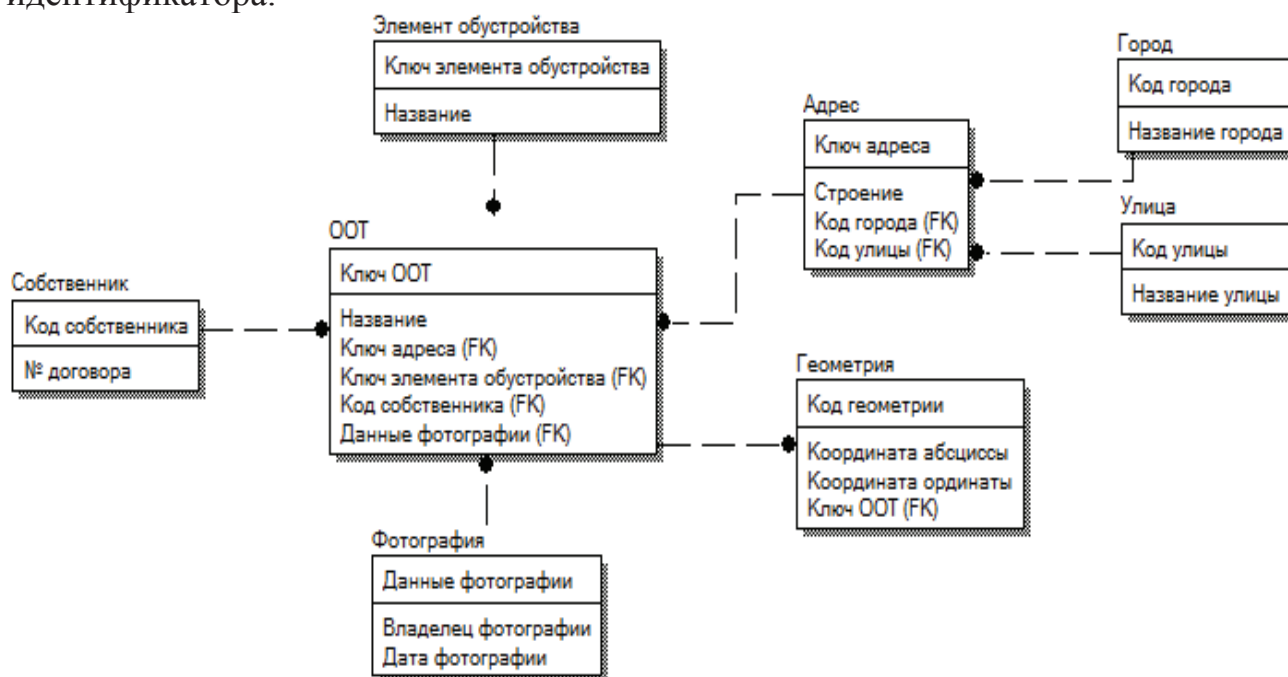


Рис. 2. Логическая ER-модель БД автоматизированной информационной системы учета ООТ

В подсистеме «ITSGIS. Дислокации ООТ» предусмотрено разграничение прав доступа, в соответствии с которыми одним пользователям предоставляется доступ лишь на чтение информации, а другим полный доступ на ее изменение и запись. Любой пользователь может войти в систему. Администратор обладает возможностью вести справочную информацию. Специалист отдела организации дорожного движения может формировать отчеты и редактировать слой электронной карты в ITSGIS, на котором дислоцированы остановки общественного транспорта: добавлять, удалять или редактировать информацию остановки, а также просматривать дополнительную информацию о них.

Подсистема имеет простой и удобный интерфейс, содержащий рабочую область, панель инструментов, миникарту и панель масштабирования электронной карты. Панель инструментов состоит из вкладок «Главная» и «Остановки», которые предоставляют доступ к функциям по работе с картой и со слоем остановок общественного транспорта.

Для добавления объекта ООТ на карту необходимо указать место его дислокации на УДС. После чего необходимо заполнить семантическую информацию по данному остановочному пункту: название, собственник, маршруты движения транспортных средств, осуществляющих высадку/посадку пассажиров на данной остановке, элементы обустройства, фотографию и др.

Для учета остановок общественного транспорта предусмотрена возможность составления сводной ведомости, которая содержит подробную информацию об остановках и имеет возможность фильтраций по различным критериям.

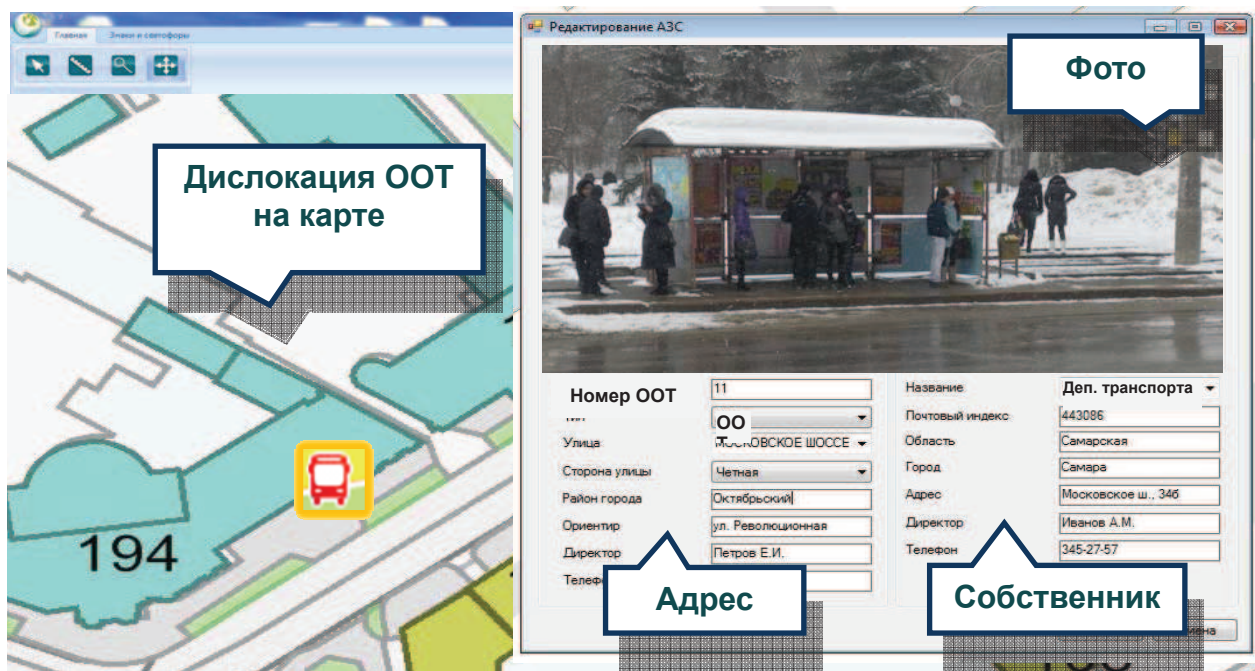


Рис. 3. Дислокация ООТ на карте и семантика ООТ в базе данных

Литература

1. Михеева Т.И. Инструментальная среда для проектирования объектов интеллектуальной транспортной системы // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Серия «Технические науки», 2006. – № 40. – с. 96 – 103
2. Михеева Т.И., Михеев С.В., Чугунов И.А. Автоматизированная информационная система «Улично-дорожная сеть города» // Безопасность транспортных систем. Материалы Всероссийской конф.– Самара, 2002. – с. 265 – 268
3. Демьяненко Р.В., Михеева Т.И. Геоинформационная составляющая объектной модели улично-дорожной сети города // Нелинейный мир / Тез. докл. Десятой междисциплинар. научн. конф.- Нижний Новгород: ННГУ, 2005. – с. 94.
4. Кочерг В.Г., Зырянов В.В., Коноплянко В.И. Интеллектуальные транспортные системы в дорожном движении. – Ростов-на-Дону: РГУ, 2001. – 108 с.
5. Маклаков С.В. BP-Win, ER-Win CASE-средства разработки информационных систем. – М.: Диалог-МИФИ, 2001. – 304 с.
6. Смит Дж., Смит Д. Принципы концептуального проектирования баз данных / Требования и спецификации в разработке программ. – М.: Мир, 1984. – 165 с.

Т.И. Михеева, Д.А. Михайлов, С.В. Михеев

ОБРАБОТКА ИНТЕНСИВНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ «ITSGIS»

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Одной из насущных проблем современного города, требующей незамедлительного решения и вызванной увеличением парка автомобильного транспорта, является рост интенсивности транспортных потоков, приводящий к воз-



никновению транспортных заторов, снижению скорости движения, увеличению дорожно-транспортных происшествий, ухудшению экологической обстановки. Необходимо внедрение новых информационных средств, включающих в себя систему искусственного интеллекта.

Пропускная способность транспортной сети напрямую связана с интенсивностью дорожного движения, которая определяется числом транспортных средств, проезжающих через некоторое сечение дороги в единицу времени. Для хранения, обработки, анализа и визуализации информации о транспортных потоках на улично-дорожной сети резонно использовать современные геоинформационные технологии.

Система «ITSGIS. Интенсивность транспортных потоков» предназначена для хранения, обработки и визуализации на электронной карте в среде геоинформационной системы информации об интенсивности транспортных потоков на улично-дорожной сети. Система является подсистемой интеллектуальной транспортной системы (ИТС) и может использоваться в качестве отдельного программного модуля ИТС или как самостоятельный продукт.

Одним из элементов ИТС является база данных, которая обеспечивает ввод и хранение данных о характеристиках улично-дорожной сети, интенсивности транспортных потоков и видах транспортных средств. Информация об интенсивности транспортных потоков требует хранения ее пространственно-временных характеристик в базе данных, так как интенсивность зависит не только от географического месторасположения «точки сбора», но и от времени суток, дня недели, месяца, года, погодных условий. Каждое измерение интенсивности на улично-дорожной сети представлено в базе данных экземпляром сущности *Измерение интенсивности*. Измерение интенсивности уникально идентифицируется датой/временем измерения и местоположением.

Система имеет инструмент ввода исходных данных в базу данных, таких как тип транспортного средства, количество транспортных единиц разного типа, участок улично-дорожной сети, на котором проводился сбор данных, время сбора. Предусмотрена возможность импорта данных, хранящихся в других форматах, например из файлов MS Excel.

Кроме того, обеспечен экспорт данных в различные подсистемы: нейросетевого анализа для прогнозирования будущей интенсивности, роста аварийности; локального управления транспортными потоками на перекрестке для построения оптимальной структуры светофорного цикла.

Система «ITSGIS. Интенсивность транспортных потоков» позволяет осуществлять визуализацию данных об интенсивности на карте разными способами:

- 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.

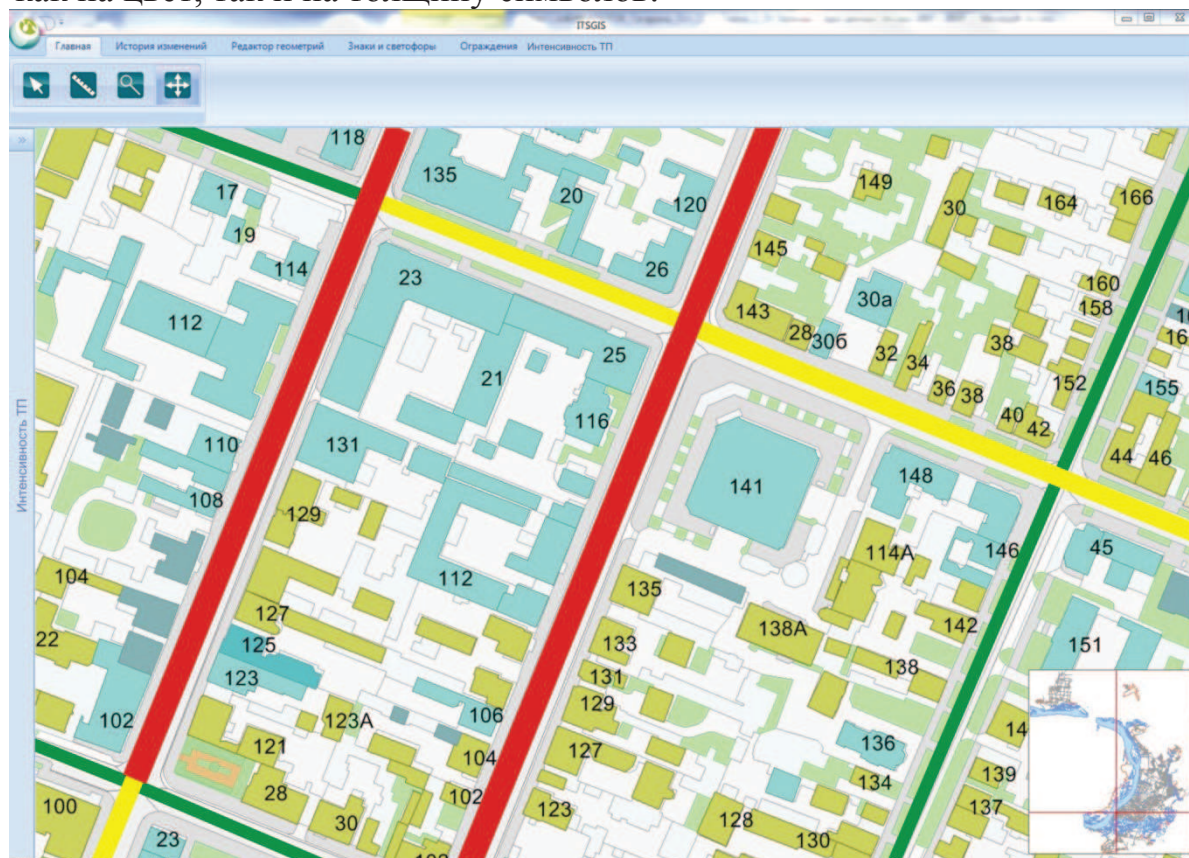


Рис. 1. Отображение интенсивности транспортных потоков на карте

На основе информации из базы данных формируются снимки интенсивности, которые представляют собой значение интенсивности и пропускной способности соответствующего участка улично-дорожной сети, зафиксированное в базе данных. Если при формировании снимка для некоторого участка сети найден подходящий результат измерения интенсивности, то результаты измерения будут включены в снимок. Если подходящий результат измерения интенсивности не найден, то значение вычисляется.

Наглядное представление информации об интенсивности транспортных потоков в геоинформационных системах позволяет облегчить решение целого ряда задач:

- построение оптимальных транспортных маршрутов;
- построение маршрутов для перевозки опасных грузов;
- разработка схем регулирования движения транспортных потоков;
- анализ состояния модели улично-дорожной сети и транспортной инфраструктуры;
- оптимизация величины движения городского муниципального и коммерческого транспорта и т.д.

В 2009-2011 г. была собрана и обработана информация об интенсивности транспортных потоков более чем на 50 крупных перекрестках города Самары.



Полученные данные позволяют осуществить анализ состояния модели улично-дорожной сети на основе сравнения с данными прошлых периодов.

Литература

1. Тикунов В.С. Моделирование в картографии. – М.: Изд-во МГУ, 1997. 405 с.
2. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. – М.: Финансы и статистика, 1998. – 228 с.
3. Михеева Т.И. Структурно-параметрический синтез интеллектуальных транспортных систем. – Самара: Самар. науч. центр РАН, 2008. – 380 с.
4. Михайлов Д.А., Михеева Т.И. Визуализация интенсивности движения транспортных потоков в геоинформационной системе ITSGIS / Тезисы докладов IX Всероссийской научно-практической конф. «Молодежи и современные информационные технологии» - Томск: ТПУ, 2011. – с. 230 – 231
5. Михеева Т.И. Синергетический подход к проектированию интеллектуальной транспортной системы // Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении (ПИТ-2006) / Труды научно-техн. конф. с межд. участ. Т.2. - Самара, 2006. – с. 162 – 163
6. Михеева Т.И., Михеев С.В., Ярцев В.С. О методике разработки подсистемы исследования распределения транспортных потоков / Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах // Труды седьмой междун. научно-практ. конф. - СПб гос. архит.-строит. ун-т., 2006. – с. 289 – 291

Т.И. Михеева, С.В. Михеев, О.К. Головнин, Е.В. Силакова, Я.А. Тендляш

ТЕХНОЛОГИЯ ДИСЛОКАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ОБЪЕКТОВ НА ЭЛЕКТРОННУЮ КАРТУ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Рост автомобильного парка в городах и повышение интенсивности дорожного движения привели к снижению скоростей движения, возникновению задержек в транспортных узлах, ухудшению условий движения, росту аварийности на улично-дорожной сети (УДС). Все это вызывает необходимость разработки эффективных мероприятий по устранению подобных негативных последствий.

Для улучшения ситуации на улично-дорожной сети города существует два основных решения. Первое решение заключается в изменении структуры улично-дорожной сети города: создание новых участков транспортной сети, расширение уже существующих дорог, введение дополнительных многоуровневых транспортных развязок. Хотя данное решение приводит к глобальному улучшению ситуации, оно применяется крайне редко, потому что требует значительных материальных затрат и занимает длительное время, в течение которого изменяемый участок УДС будет перекрыт для движения.



Второй путь решения проблемы – оптимизация дорожного движения. Данное решение проблемы не приводит к глобальному улучшению ситуации на УДС города, но является более доступным и применяется значительно чаще. Оптимизация дорожного движения может производиться по различным критериям: безопасность движения транспортных средств, увеличение пропускной способности улично-дорожной сети, уменьшение временной задержки транспортных средств на перекрестке и др. [1].

При реализации мероприятий, направленных на улучшение транспортной ситуации на УДС, особую роль отводят корректной и оптимальной (необходимой и достаточной) дислокации управляющих объектов на улично-дорожной сети. К таким объектам относятся технические средства организации дорожного движения (ТСОДД): дорожные знаки, средства светофорного регулирования, дорожная разметка, дорожные ограждения [3].

Любой объект ТСОДД, устанавливаемый на УДС, оказывает управляющее воздействие на транспортный поток, которое должно быть скоординировано с воздействием, оказываемым уже установленными объектами ТСОДД. Дорожное ограждение оказывает управляющее воздействие еще и на пешеходные потоки. Анализ взаимного влияния объектов ТСОДД и проверка корректности дислокации с точки зрения ГОСТа является сложной многокритериальной задачей. В большинстве случаев человеку, проводящему данный анализ трудно выявить все факторы влияния объектов друг на друга. В этой связи становится актуальной задача разработки методов и программных средств, позволяющих автоматизировать комплексный анализ дислокации ТСОДД на УДС города с учетом различных критериев оптимальности организации дорожного движения и ГОСТов по установке и эксплуатации данных объектов.

Для визуализации процесса дислокации управляющих объектов ТСОДД используется геоинформационная система ITSGIS, предназначенная для сбора, хранения, обработки, отображения и распространения данных об объектах и процессах транспортной инфраструктуры. Для канализирования транспортных и пешеходных потоков на улично-дорожной сети в целях повышения безопасности дорожного движения используются пешеходные и транспортные ограждения. Необходимость ведения учета дислокации данного вида управляющих объектов на электронной карте в среде геоинформационной системы ITSGIS продиктована не столько самой необходимостью учета всей семантической информации о данных объектах, сколько возможностью ITSGIS проводить интеллектуальный анализ миграции пешеходных потоков. Установка любого нового управляющего или управляемого объекта на улично-дорожной сети, представленной в среде ITSGIS, позволяет пользователю-исследователю наиболее наглядно оценивать или спрогнозировать транспортную ситуацию на улицах города.

Программный модуль «ITSGIS. Дислокация ограждений» позволяет решать следующие задачи (рисунок 1):

- установка дорожных ограждений на электронную карту города;
- удаление объекта установленного на электронной карте города;



- изменение местоположения и геометрии установленного объекта;
- изменение информации об установленном объекте;
- мониторинг установленных на улично-дорожной сети объектов;
- создание сводных ведомостей и отчетов об установленных объектах.

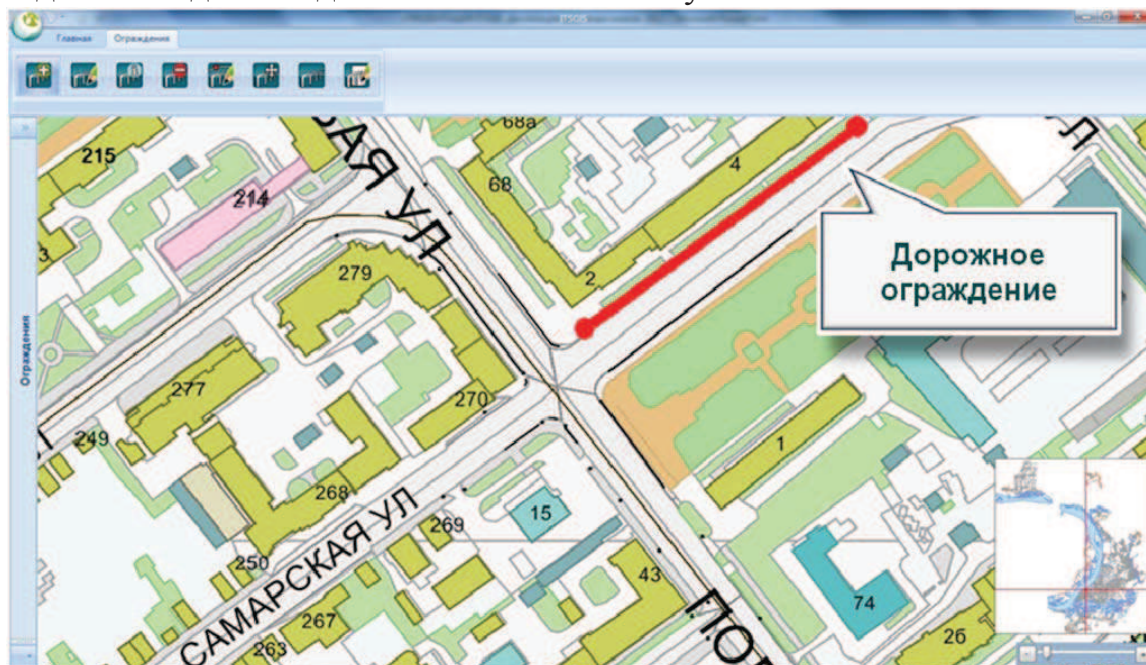


Рис. 1. Дислоцированное дорожное ограждение в геоинформационной системе ITSGIS

Группа и характеристики ограждения

Характеристика ограждения

Группа ограждения: Не задано

Длина, м.: 160,00

Длина секции, м.: 0,00

Количество секций: 0

Высота, м.: 0,00

Дополнительная информация

Дата установки: 9 апреля 2012 г.

Дата последнего осмотра/ремонта/модернизации: 9 апреля 2012 г.

Состояние ограждения: Не задано

Основание установки:

Адресная привязка

Адресная привязка

Город: <нет>

Район: <нет>

Улица: <нет>

Дом: <нет>

Офис (другое):

Ориентир: <нет>

Фотографии ограждения

Фотографии ограждения

Информация о состоянии ограждения

Информация о состоянии ограждения

Организация, ответственная за установку

Организация, ответственная за установку

Ответственная организация

Название организации: <нет>

Телефоны: <нет>

ФИО директора: <нет>

Юр. адрес: <нет>

Факт. адрес: <нет>

OK Отмена

Рис. 2. Семантика дорожного ограждения в ITSGIS



Процесс дислокации сводится к созданию слоя электронной карты города с дорожными ограждениями. Дорожное ограждение на электронной карте отображается линейным объектом с соответствующей семантической информацией (рисунок 2).

Литература

1. Михеева Т.И., Михеев С.В., Золотовицкий А.В. Автоматизированная система контроля и управления дорожным движением // Математика. Компьютер. Образование. Труды VII междун. конф. Пущино – Москва: МГУ Прогресс – Традиция, 2000. – с. 207 – 214
2. Михеева Т.И., Головин О.К. Дислокация ограждений на улично-дорожной сети города в геоинформационной системе «ITSGIS» / Актуальные проблемы автотранспортного комплекса: межвуз. сб. науч. статей. – Самара, Самар. гос. техн. ун-т, 2012. – с. 212 – 215
3. Кременец Ю.А. Технические средства организации дорожного движения. – М. : Транспорт, 1999. – 255 с.

Т.И. Михеева, А.А. Осьмушин, С.В. Михеев

СИСТЕМА ДИСПЕТЧЕРСКОГО КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ ПОТОКОМ СВЕТОДИОДНЫМИ ДОРОЖНЫМИ ЗНАКАМИ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

С каждым годом из-за увеличения количества автомобилей движение на дорогах становится все более интенсивным, а значит и более сложным для водителя. Пропускной способности дорог не хватает, что влечет сильное затруднение движения. Плотность потока увеличивается, а значит и растет вероятность совершения ДТП из-за неблагоприятных дорожных условий [1]. В связи с этим очень важна правильная и гибкая организация дорожного движения, для которой необходимо использовать дорожные знаки переменной информации (ЗПИ) и интеллектуальные транспортные системы (ИТС), одной из важнейших функций которых является управление ЗПИ в автоматическом и автоматизированном режимах.

Светодиодные дорожные знаки переменной информации являются основным средством, позволяющим оперативно влиять на организацию дорожного движения в зависимости от различных факторов – погодных условий, освещенности, плотности транспортного потока и других.

Существует большое количество вариантов светодиодных знаков. Рассмотрим основные их типы, которые чаще всего встречаются.

Самые простые светодиодные знаки делаются на основе обыкновенных металлических знаков путем подсветки контуров изображенных на них объектов с помощью светодиодов. Светодиоды крепятся в просверленных в дорожном знаке отверстиях, собираются в цепочки и подключаются к источнику на-



пряжения (чаще всего, 12В) с помощью токоограничивающих резисторов или драйверов светодиодов. Такие знаки отображают всегда одну и ту же информацию и не имеют никаких механизмов управления и мониторинга их состояния. Преимуществами таких знаков является невысокая цена и простота изготовления.

Мигающие светодиодные знаки отличаются от простых только использованием схемы управления светодиодами. В качестве такой схемы могут выступать: мультивибратор на двух транзисторах, специализированная микросхема-флэшер (например, L9868, используемая в автомобильных реле указателей поворотов и аварийной сигнализации) либо однокристальный микроконтроллер с программой, меняющей в цикле состояние одного из портов ввода-вывода с 0 на 1 и обратно.

Использование микроконтроллера для управления светодиодами позволяет также создавать светодиодные знаки с более сложным алгоритмом работы – например, когда присутствует несколько групп светодиодов, которые загораются и гаснут последовательно.

Для знаков переменной информации необходимо наличие нескольких групп светодиодов, каждая из которых создает изображение какого-либо одного дорожного знака. В таких знаках контроллер используется как для непосредственного включения группы светодиодов, так и для связи с автоматизированной системой, которая может посылать ему управляющие сигналы и ожидать от него сигналы обратной связи.

Кроме того, к микроконтроллеру можно подключить датчик освещения, на основании показаний которого можно будет в автоматическом режиме отключать знаки постоянной информации в светлое время суток [1], либо передавать информацию об уровне освещенности автоматизированной системе.

Самыми сложными светодиодными дорожными знаками являются знаки, представляющие собой матрицу светодиодов, на которую можно вывести изображение любого дорожного знака. Пример мигающего светодиодного знака «Дорожные работы» приведён на рисунке 1.



Рис. 1. Светодиодный дорожный знак

Уместность использования светодиодов в дорожных знаках определяется следующими их свойствами:

- Высокий КПД. Современные светодиоды немного уступают по этому параметру только натриевым газоразрядным лампам. Благодаря высокому КПД светодиоды как нельзя лучше подходят для подсветки дорожных знаков, т.к. их питание осуществляется от бортовой сети автомобиля или отдельного аккумулятора, а, следовательно, необходима экономичность источника света.



- Высокая механическая прочность, вибростойкость (отсутствие нити накаливания и иных чувствительных составляющих). Благодаря этому свойству светодиодные дорожные знаки будут устойчивы к механическим нагрузкам, таким, как вибрации от работающего двигателя автомобиля или удары при транспортировке.
- Длительный срок службы позволит использовать светодиодные знаки в течение длительного промежутка времени без ремонтов.
- Маленькие размеры светодиодов позволяют легко формировать любое необходимое изображение на дорожном знаке.

После анализа рынка светодиодов для дорожных знаков были выбраны сверхъяркие круглые выводные светодиоды диаметром 3-5мм с широким углом обзора и светодиоды-«пираньи» с током питания 20мА – оба типа светодиодов отвечают необходимым требованиям, а именно: обладают оптимальной яркостью и углом обзора, потребляют мало энергии и их удобно крепить на дорожных знаках.

Для возможности управления светодиодными дорожными знаками и отслеживания их состояния необходимо организовать канал связи между микроконтроллером, лежащим в основе знака, и удаленным компьютером, на котором установлена программная часть системы. В микроконтроллерах для связи с другими устройствами служат порты ввода-вывода, которые могут работать в параллельном режиме, а также такие последовательные интерфейсы, как UART/USART, I2C, SPI и т.д. Однако все эти интерфейсы являются проводными и способны работать на относительно небольших расстояниях, в то время, когда между дорожным знаком и местом установки ПК с программной частью системы могут быть десятки километров. Таким образом, для организации канала связи необходимо прибегать к помощи дополнительных устройств.

Единственным приемлемым способом связи с микроконтроллером на таком расстоянии является передача информации от контроллера к ПК и обратно с помощью сетевых протоколов, а именно IP. При такой организации у каждого знака будет свой IP адрес, что позволит легко различать знаки на стороне управляющего ПК. Для появления возможности использовать IP микроконтроллером, необходимо использовать дополнительные устройства, которые, с одной стороны, будут иметь интерфейс для связи с микроконтроллером, а с другой, смогут обеспечить передачу информации по протоколу IP. Таким устройством может быть отдельный компьютер с COM портом и сетевой картой (Wi-Fi адаптером, GPRS-модемом и т.д.), а также отдельная специализированная микросхема-модем с интерфейсом RS232. Такой модем может обладать Ethernet портом, а также поддерживать беспроводную связь по технологиям Wi-Fi или GPRS. Для надежности канала связи необходимо использовать протокол TCP, а значит, в устройстве необходим встроенный стек TCP/IP, т.к. запрограммировать этот стек на микроконтроллере практически невозможно.

В связи с большим расстоянием от управляющего ПК до дорожных знаков, проводное соединение получается дорогостоящим, а использование технологии Wi-Fi невозможно из-за необходимости прямой видимости между антен-



нами с обеих сторон и ограниченного расстояния, на котором Wi-Fi работоспособен. Остается единственный возможный способ связи – GPRS-канал передачи данных.

Использование отдельного компьютера для организации GPRS-канала, на первый взгляд, выглядит самым простым решением, однако у такого способа есть масса минусов: повышенное энергопотребление, необходимость в операционной системе компьютера и отдельной программы на нем для реализации необходимого функционала. Поэтому для связи микроконтроллера с удаленным ПК предпочтительно использовать GPRS-модем со встроенным TCP/IP стеком и интерфейсом RS232. Одним из таких модемов является микросхема AirPrime WISMO228. Преимуществами этой микросхемы являются невысокая цена, малое энергопотребление, возможность работы в 4-х GSM диапазонах и простота использования [2].

Светодиодные дорожные знаки и автоматизированная система, предназначенная для управления ими, в совокупности образуют SCADA-систему (систему диспетчерского контроля и управления).

При проектировании сложноорганизованных систем, к классу которых, несомненно, относятся ИТС, задачи декомпозиции предметной области на классы объектов, структурирования объектов и их ассоциаций выходят на первый план [3]. Основными абстракциями ПрО «Организация дорожного движения» являются следующие [4]:

- модель транспортного потока определяется классами: Скорость, Интенсивность, Плотность;
- модель улично-дорожной сети определяется классами: Участок, Узел, Дуга;
- модель технических средств организации дорожного движения определяется классами: Светофорный_Объект, Дорожный_Знак, Дорожная_Разметка;
- модель управления транспортным потоком определяется классами задач, решаемых в рамках ИТС: Мониторинг_Состояния_Объектов_ПрО, Управление_Транспортными_Потоками_и_Перевозочным_Процессом, Информационное_Обеспечение_Участников_Движения;

Основные сущности ПрО «Технические средства организации дорожного движения» приведены на рисунке 2.

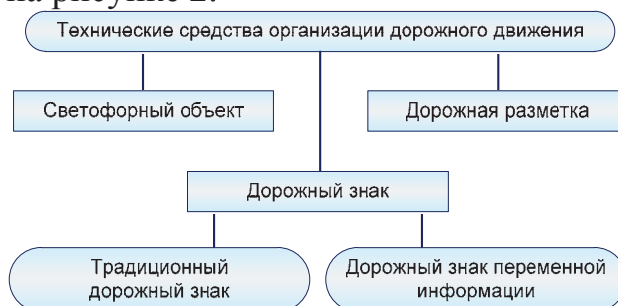


Рис. 2. Сущности предметной области «Технические средства организации дорожного движения»



В автоматизированной системе управления светодиодными дорожными знаками на нижнем уровне находятся, собственно, дорожные знаки со схемами управления светодиодами, а также датчики, собирающие информация об окружающих условиях.

На верхнем уровне находится программная часть системы, которая должна предоставлять возможность управлять дорожными знаками. В качестве верхнего уровня используется геоинформационная интеллектуальная транспортная система «ITSGIS».

Т.И. Михеева, А.В. Сидоров, О.К. Головнин, С.В. Михеев

ИНФОРМАЦИОННЫЙ МОДУЛЬ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ITSGIS. ИНФО»

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Область геоинформационных систем (ГИС) быстро развивается и захватывает все новые сферы жизни и деятельности. Причины такого успеха ГИС объясняется следующим [1]:

- большой эффективностью решений сложных проблем средствами ГИС;
- огромным множеством областей применения ГИС потому, что ГИС работает с пространственными данными, которые являются частью нашей повседневной жизни;
- стали доступными для массового пользователя как мощные персональные компьютеры, на которых возможна реализация ГИС, так и сложное программное обеспечение ГИС, снабженное легким пользовательским интерфейсом.

«ITSGIS» – это геоинформационная система, содержащая электронную карту города, автоматизированную информационную систему и базу данных, обеспечивающие работу с геообъектами, такими как предприятия и организации города, предоставляющие населению города какие-либо услуги или товары.

Электронная карта представляет собой совокупность слоев, которые объединены на основе их географического положения [2]. Каждый слой, в свою очередь, содержит геометрические объекты, описываемые одним или несколькими векторными примитивами, а также наборами семантических данных – атрибутов. К геометрическим векторным примитивам относятся точки, линии и полигоны, в «ITSGIS» визуализирующие улицы, дома, остановки общественного транспорта, дорожные знаки и другие объекты городской транспортной инфраструктуры. Физически примитивы описываются последовательностью пар координат своих узлов. Атрибутами являются числовые или символьные характеристики объектов городской инфраструктуры или векторного примитива,



хранящиеся в базе данных. В качестве атрибутов в «ITSGIS» использованы растровые изображения, аудио- и видеоматериалы, а некоторые типы объектов снабжены поведенческими атрибутами в виде интеллектуальных функций и программных модулей, выполняющихся при определенных условиях.

Электронная карта «ITSGIS» предоставляет пользователю наглядную иллюстрацию географических объектов, и дает возможность управления ими: добавление, изменение, удаление, перемещение, масштабирование [3].

Автоматизированная информационная система позволяет производить различные манипуляции с базой данных, выполнять запросы различной сложности и обрабатывать большое количество информации.

Программный модуль ITSGIS. Info разделен на 3 части: администраторская, пользовательская и веб-часть.

Администраторская часть системы имеет трехуровневую архитектуру: сервер базы данных, сервер приложения и клиенты. Применение такой архитектуры значительно повышает производительность работы с системой, так как в данном случае с ней могут работать одновременно несколько пользователей, не мешая друг другу.

Сервер базы данных выполняет запросы к базе данных и отправляет полученные данные на сервер приложения. В качестве системы управления базой данных выбрана PostgreSQL, оптимизированная для работы с геообъектами.

Сервер приложения выполняет основные вычислительные операции и формирует запросы к серверу базы данных.

Клиент отображает информацию в удобном для пользователя виде.

Главное пользовательское окно информационного модуля «ITSGIS. Инфо» показано на рисунке 1.

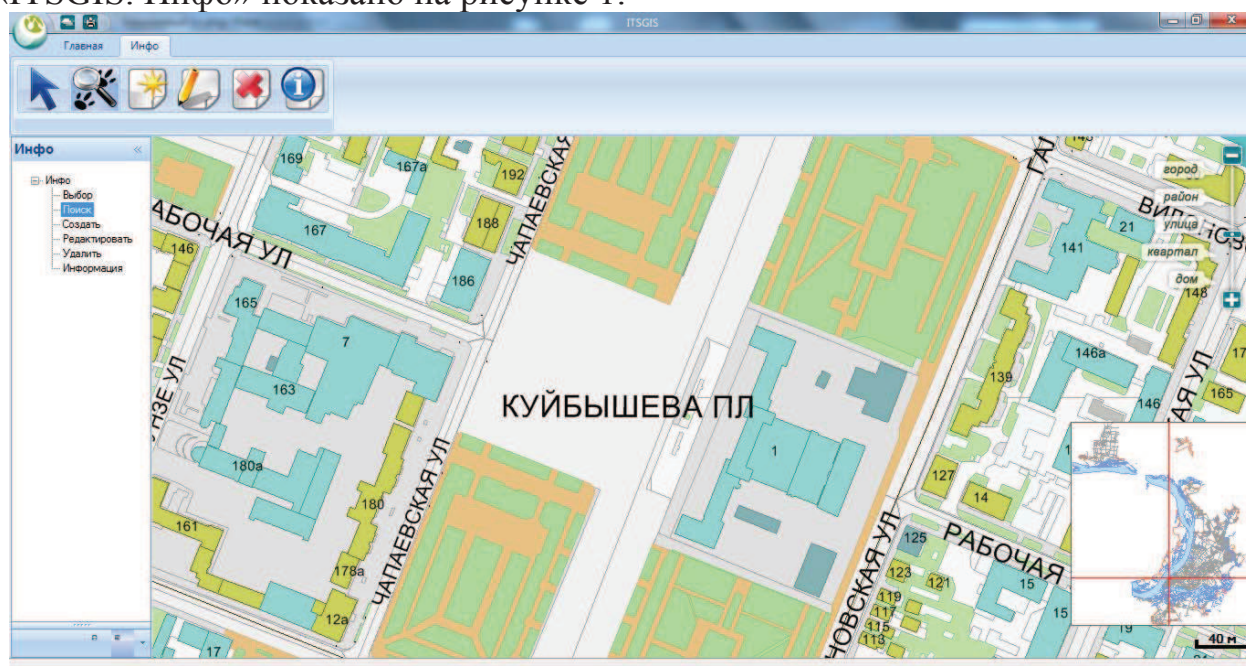


Рис. 1. Главное окно информационного модуля «ITSGIS. Инфо»

В администраторской части информационного модуля доступны следующие функции:



- просмотр карты по слоям, перемещение, масштабирование карты;
- создание, редактирование, удаление организации или предприятия на карте;
- редактирование справочников информационного модуля;
- управление рекламой организаций;
- формирование файлов, необходимых для работы пользовательской части информационного модуля системы.

Информационный модуль позволяет хранить следующие сведения про организацию: название, категории, адрес, время работы (по дням недели), обеденное время (по дням недели), контактная информация (телефон, факс, веб-сайт, электронная почта, Skype, ICQ). Форма добавления организации в базу данных и на электронную карту информационного модуля «ITSGIS. Инфо» показана на рисунке 2.

Рис. 2. Форма добавления организации

Данная структура хранения информации позволяет значительно сократить время запросов за счет нормализации базы данных. Для получения информации об организациях в администраторской части созданы скоростные SQL-запросы, выбирающие небольшое количество данных. Форма просмотра информации об организации в администраторской части изображена на рисунке 3.

Пользовательская часть системы работает с файловой системой, что позволяет быстро разворачивать систему на пользовательской машине.

В пользовательской части доступны следующие функции:

- просмотр карты по слоям, перемещение, масштабирование карты;
- поиск организаций по каталогу и отображение найденных организаций на карте;
- печать выбранной области карты.

Веб-часть предоставляет весь функционал пользовательской части в интернете. В качестве основной технологии получения работы с картой был выбран геосервер, который позволяет быстро производить запросы на сервере, а



полученные результаты отправлять на клиент в виде «тайлов» – нарезанных изображений карты.

При создании информационного модуля «ITSGIS. Инфо» использовались методология объектно-ориентированного проектирования, принципы модульности, инверсии зависимостей, подстановки Барбары Лисков, паттерны проектирования и управления [4].

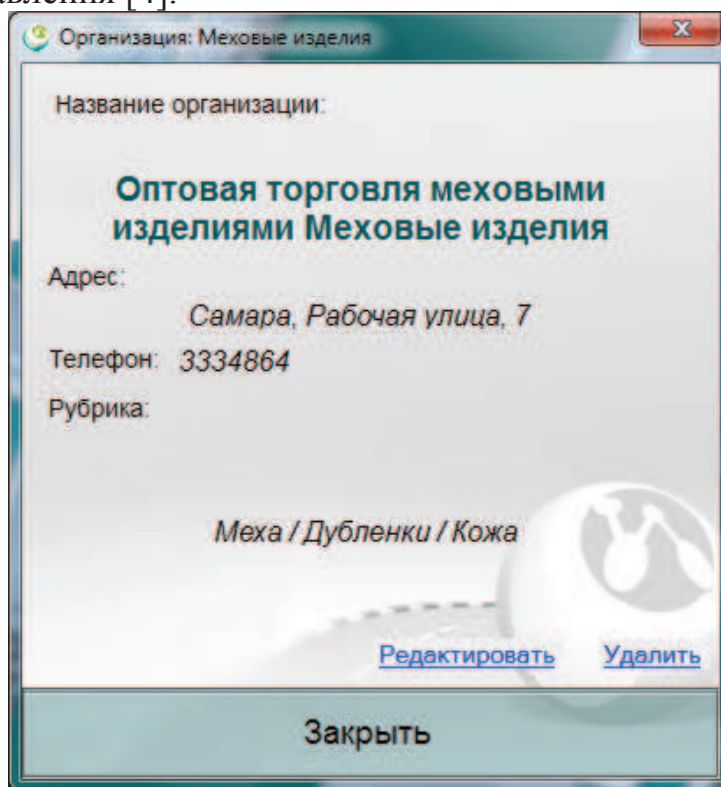


Рис. 3. Просмотр информации об организации

Литература

1. Журкин, И.Г. Геоинформационные системы [Текст]/И.Г. Журкин. – М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2009. – 272 с.
2. Головнин О.К., Макарова М.С., Агафонцев И.А., Осьмушин А.А. Использование технологии WPF при разработке ГИС / Материалы XVI Всеросс. научно-техн. конф. РГРТУ. – Рязань, 2011. – С. 226-227.
3. 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: СГАУ, 2011. – С. 230-231.
4. Фримен, Эр. Паттерны проектирования / Эр. Фримен. – СПб.: Питер, 2011. – 656 с.



Т.И. Михеева, А.А. Федосеев

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ СТАТИЧЕСКИХ И ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ НА ОСНОВЕ АЭРОФОТОСЪЁМКИ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

В настоящее время активно внедряются и используются автоматизированные системы управления движением. Однако развитие комплекса технических средств организации дорожного движения (ОДД) опережает развитие технологий управления, что обуславливает недостаточно эффективное применение дорогостоящей техники управления дорожным движением. Весьма распространённым, наиболее полно характеризующим комплекс интегрированных средств управления дорожным движением и перевозками, является интеллектуальная транспортная система [1]. Под интегрированными средствами понимаются средства, применяемые при решении всех видов транспортных задач на основе высоких технологий, методов моделирования транспортных процессов, программного обеспечения, организации информационных потоков в реальном режиме времени. В настоящее время актуальной становится задача оценки состояния объектов транспортной инфраструктуры. Транспортная инфраструктура включает в себя статические объекты: улично-дорожную сеть (УДС), технические средства организации дорожного движения и динамические объекты – транспортные потоки.

Важной является задача получения исходных данных для оценки состояния объектов транспортной инфраструктуры. Одним из перспективных, менее трудоёмких и более достоверных методов является использование материалов аэрофотосъёмки.

Метод определения параметров транспортных потоков на основе аэрофотограмметрической информации позволяет непосредственно измерить ряд характеристик транспортного потока, которые невозможно определить другими способами, например, плотность и скорость транспортного потока [2]. Носителем съёмочной аппаратуры может быть самолёт, вертолёт, мотодельтаплан или иные воздушные суда. С помощью этого метода можно также определить распределение интенсивности движения по полосам движения и по длине дороги, что весьма трудоёмко при определении традиционными методами (использование «счётчиков» и камер, размещённых на объектах улично-дорожной сети). При обработке материалов покадровой аэрофотосъёмки получают информацию для определения параметров транспортных потоков: интенсивность, плотность и скорость потока. Такой информацией являются данные о количестве автомобилей Q на участке дороги длиной S в различные моменты времени t_1 и t_2 , количество автомобилей ΔQ_i , прошедших по участку за время $\Delta t = t_2 - t_1$. Тогда интенсивность движения I_i в i -й момент времени определяется из выражения:



$$I_i = \frac{\Delta Q_i}{\Delta t_i} \quad (1)$$

Плотность потока автомобилей k_i – это количество транспортных единиц Q_i , находящихся на участке дороги длиной S_i :

$$k_i = \frac{Q_i}{S_i} \quad (2)$$

Так как, $S = Vt$, то

$$I_i = k_i V_i \quad (3)$$

Следовательно, интенсивность движения можно определить по одной из вышеприведённых формул. Скорость автомобиля определяют по расстоянию, пройденному автомобилем за время Δt между моментами фотографирования двух смежных кадров, используя формулу:

$$V_i = \frac{3.6 \mu S_i}{\Delta t} \text{ (км/ч)}, \quad (4)$$

Где μ – масштабный коэффициент (в масштабе съёмки 1:6000 он равен 6);

S_i – путь, пройденный автомобилем в масштабе снимка, (мм);

Δt – частота (базис фотографирования) – 5 сек.

Интервалы между автомобилями по длине ΔS_i определяют на основании данных измерений расстояний по аэрофотоснимкам:

$$\Delta S_i = \mu S_i \text{ (мм)} \quad (5)$$

Как и в случае использования информации, получаемой с космических аппаратов дистанционного зондирования Земли, для оценки состояния статических объектов транспортной инфраструктуры, гиперспектральную информацию (ГСИ) возможно получать и при проведении аэрофотосъёмки (рисунок 1). Для этого на самолёт-носитель устанавливается специальный гиперспектральный комплекс, включающий в себя блок управления комплектом гиперспектральной аппаратуры (ГСА), датчик ГСА, систему электропитания комплекта ГСА, аккумуляторные батареи, прибор GPS (обеспечивает получение и формирование навигационных данных), антенну GPS и прибор IMU (обеспечивает получение и формирование инерциальных данных). Хотя технологии получения ГСИ методом аэрофотосъёмки и методом космической съёмки несколько отличаются друг от друга общая концепция обработки (как первичной, так и тематической) во многом схожа.

Первичная обработка данных аэрофотосъёмки включает в себя пять этапов. На первом этапе происходит радиометрическая и спектральная коррекция необработанных данных изображения полученных с аппаратуры. На втором этапе производится обработка инерциальных данных по пространственному положению. На третьем этапе осуществляется стандартизация связанных данных GPS по местоположению. Четвёртый этап представляет из себя соединение, синхронизацию и возможную корректировку стандартизированных навигационных и инерциальных данных. На пятом этапе производится геометрическая коррекция. Здесь применяются навигационные данные из четвёртого этапа по отдельным полосам полёта к данным изображения, прошедшим радиомет-



рическую и спектральную коррекцию из первого этапа, для создания геометрически откорректированного изображения.

Режим гиперспектральной съемки



Рис. 1. Гиперспектральная аэрофотосъемка

После первичной происходит тематическая обработка полученной информации. Одним из методов тематической обработки является спектральная селекция – разделение изображения на определённые классы или обнаружение какой-либо цели [3]. Методы спектральной селекции основаны на различиях в спектральной отражательной способности объектов наблюдаемой сцены, вследствие чего они отображаются на снимках с разной яркостью. Одни материалы отражают свет с определенной длиной волны, в то время как другие его поглощают. Знание зависимости между длиной волны и отражательной способностью исследуемого объекта, отображаемой в виде спектральной кривой, позволяет проводить его точную идентификацию. Стандартные мультиспектральные технологии обработки изображений обычно подразумевают классификацию.

Согласно теории распознавания образов, классификация объектов предполагает разделение пространства признаков на замкнутые области (классы) с определенными значениями этих признаков. Отнесение пикселей к классам зависит от принятого правила классификации. Возможны два подхода. Первый из них заключается в разделении всех пикселей изображения на группы (кластеры), название, спектральные характеристики и даже само существование которых предварительно неизвестны. Это неконтролируемая классификация, или классификация без обучения. Критерием отнесения пикселей к тому или другому кластеру служит схожесть спектральных характеристик. В задачу дешифровщика входит последующее определение соответствия выделенных класте-



ров классам земной поверхности, которое выполняется с использованием дополнительной информации – материалов наземных наблюдений, карт и т.д. Во втором подходе классификация основана на признаках объектов, принадлежность которых к определенному классу на местности известна (например, признаки объектов на эталонных участках). В этом случае выполняется контролируемая классификация, иногда называемая классификацией с обучением.

Метод аэрофотосъёмки, как и другие способы получения исходной информации для оценки состояния статических и динамических объектов транспортной инфраструктуры, имеет свои достоинства и недостатки, определяющие возможность применения вышеизложенного метода в каждом конкретном случае. Например, использование аэрофотосъёмки имеет ограничения при мониторинге густонаселённых мегаполисов. Среди достоинств данного метода следует отметить высокое пространственное разрешение получаемых данных, что делает использование аэрофотосъёмки в ряде случаев более предпочтительным способом получения исходных данных по сравнению с иными методами.

Литература

1. Михеева Т.И. Инструментальная среда для проектирования объектов интеллектуальной транспортной системы // Вестник Самарского гос. техн. ун-та. Серия «Технические науки», 2006. – № 40. – с. 96 – 103
2. Маркуц В.М. Транспортные потоки [Электронный ресурс]. – М.: 2008. www.iptrans.ru.
3. Шовенгердт Р.А. Дистанционное зондирование: методы и модели обработки изображений. – М.: Техносфера, 2010. – 560 с.

М.А. Мордухов, В.А. Папшев, Н.Г. Губанов

ТАРИФНАЯ МОДЕЛЬ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ

(ФГОУ ВПО «Самарский государственный технический университет»)

Активное развитие и расширение крупных городов сопровождается увеличением личного и муниципального автопарка. Постоянно растущая мобильность населения обуславливает формирование современного рынка транспортных услуг, роль транспортных тарифов повышается. В связи с этим актуальна информация, связанная с происходящими изменениями в уровне транспортных тарифов, в количественных и качественных характеристиках тарифных систем. Создание и совершенствование тарифных моделей дает возможность поддерживать высокий уровень технического состояния маршрутных транспортных средств, что, в свою очередь, будет повышать производительность транспортных компаний в организации перевозочной деятельности.

В работе представлен вариант создания тарифной модели транспортной сети с использованием программного комплекса PTV Vision®, в состав которого входят программные продукты VISUM и VISSIM. Основная часть модели строится в программном продукте VISUM.



В основу модели положены данные о населении рассматриваемого города или района (таблица 1).

Таблица 1. Данные транспортного спроса

№ транс- портной зоны, района	Наименование транспортной зо- ны, района	Населе- ние, тыс. чел.	Из них ра- ботающие с отрывом от произ- водства, тыс. чел., всего	Рабочие места и места учебы, тыс. мест	В том числе:	
					Места рабо- ты	Мес- та уче- бы
Всего		2159, 7	1360,0	1360,0	1205,0	155,0
В том числе:						
Внутренние транспортные зоны		1124	705, 1	727,8	620,3	107,5
1	Исторический центр	97, 3	61,1	123,7	83,5	40,2
2	Аэрокосмический университет	123,5	77,7	144,0	110,8	33,2
3	Торговый центр Космопорт	232,5	145,9	142,8	125,5	17,3
4	Стара Загора	269,8	169,2	57,3	53,7	3,6

Все население, при этом, разделяется на классы: учащиеся, работающие, безработные и т.д. Также в основе модели лежат данные спроса, подразделенные на районы тяготения. Это могут быть места работы, отдыха, учебы и т.д.

На первом этапе строится транспортная модель рассматриваемого участка или всего города в целом. В ее основе лежат данные о транспортной структуре, типах дорог, существующих системах транспорта и движении общественного транспорта. Модель состоит из транспортных районов, узлов, отрезков автомобильной сети и линий общественного транспорта[1].

Модели линий общественного транспорта и модели транспортного спроса являются исходными данными для создания тарифной модели. VISUM предоставляет различные модели взаимодействия для анализа и оценки предложения транспортных услуг. Модель пользователя отражает характер движения пассажиров или водителей. Основными здесь становятся данные о движении маршрутного транспорта:

- время в пути;
- протяженность маршрута;
- количество остановочных пунктов;
- время простоя и т.д.,

данные о типах маршрутных транспортных средств:

- количество мест;
- данные о затратах на перевозки – затраты в час или день на один автобус при перевозке и «пустом» движении, затраты на 1 км, затраты на 1 ТС.



Исходя из этих данных формируется тарифная ставка для того или иного маршрута. Оценка рентабельности маршрута производится с помощью изменения стоимости оплаты за проезд. Стоимость оплаты задается при помощи создания типов билетов (рисунок 1).

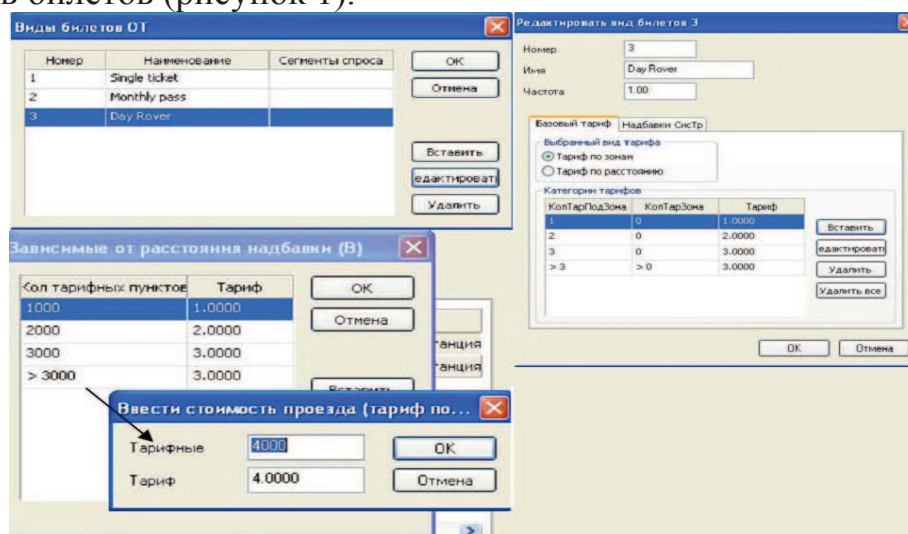


Рис. 1. Создание и редактирование типов билетов

Тип билетов определяется с помощью:

- названия билетов;
- тарифов, основанных на зонах и расстояниях;
- частоты использования, которая определяет фактор пересчета (с сезонного билета в отдельную поездку);
- надбавки для систем общественного транспорта, указанной в качестве постоянной надбавки или минимального тарифа.

Надбавки могут определяться также в зависимости от расстояния.

Тариф типа билетов включает в себя:

- базовую стоимость проезда;
- в зависимости от зон – основываясь на количестве пересекаемых тарифных зон, или в зависимости от расстояния - основываясь на количестве пересекаемых тарифных пунктов;
- надбавки, зависящие от расстояния, для использования систем транспорта;
- минимальной тариф для использованной системы транспорта. Если тариф, определяемый основным тарифом и надбавками, меньше чем минимальный тариф системы транспорта, то к данной поездке применяется минимальный тариф.

Перед расчетом данных о тарифной модели есть возможность задать дополнительные параметры, предусматривающие особенности общественного транспорта в той или иной части улично-дорожной сети города. После того, как вся информация занесена в программу, модель отправляется на расчет всех необходимых ожидаемых данных. Длительность расчета зависит от величины рассматриваемого участка, количества данных, получаемых на выходе, а также от технических характеристик вычислительной техники.

Выходные данные могут быть представлены в разных формах (рис. 2):



- в виде матрицы корреспонденции, с данными о затратах на перевозку и полученной прибыли;
- в виде таблицы, где показаны время в пути, средняя скорость, задержки, интенсивность движения и т.д. Исходя из этих данных, можно оптимизировать параметры движения транспорта и улучшать тарифную модель.

В программном продукте VISSIM имеется возможность визуализации транспортной модели сети. Помимо данных об улично-дорожной сети, как в данном случае, также используются данные об остановках – геометрические параметры, вместимость, оборудованность и т.д. А также данные о маршрутах – разрешенная скорость движения, интенсивность, нагрузка, полосы, открытые или закрытые для общественного транспорта и т.д. Программный продукт VISSIM позволяет визуализировать отдельные участки улично-дорожной сети (пересечения в одном или нескольких уровнях, отдельные перекрестки или целые кварталы) с возможностью записи видеороликов для создания презентаций.

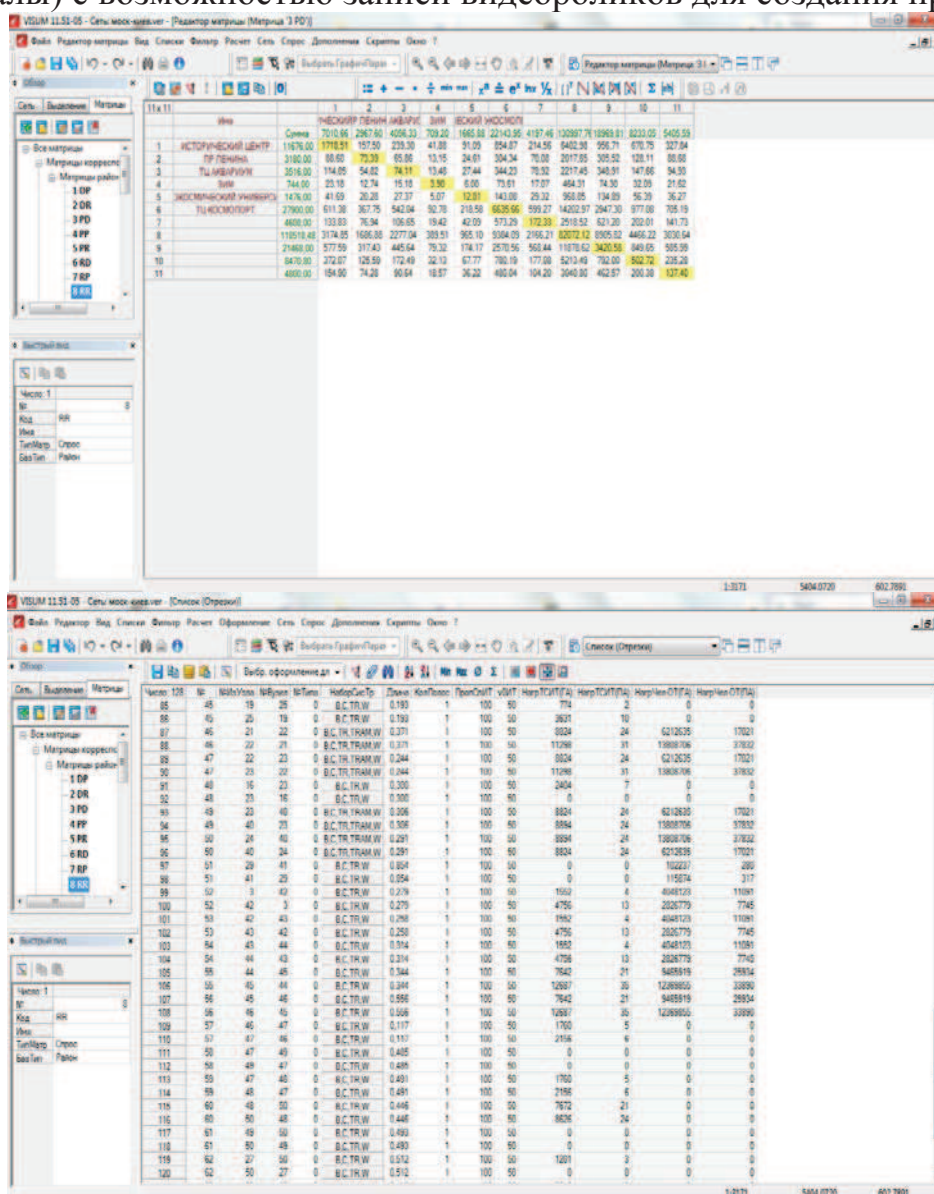


Рис. 2. Формы предоставления выходных данных
Литература



1. А+С Консалт, Visum 11.0. Руководство пользователя // Санкт-Петербург 2010.

Е.В. Рагулина

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА РОЯ ЧАСТИЦ ДЛЯ ЗАДАЧ МАРШРУТИЗАЦИИ ТРАНСПОРТА НА ПРИМЕРЕ СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЯ ДВИЖЕНИЯ АГЕНТОВ

(ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный
технический университет»)

Решение задачи составления расписания рассматривается как частный случай задачи маршрутизации транспорта (Vehicle Routing Problem, VRP) — задачи комбинаторной оптимизации, в которой для множества транспортных средств (агентов), расположенных в одном или нескольких депо, должен быть определен набор маршрутов до нескольких отдаленных точек — клиентов [1]. VRP — хорошо известная задача целочисленного программирования, относящаяся к классу NP-трудных задач, это означает, что вычислительная сложность задачи зависит от размера входных данных экспоненциально.

Постановка задачи. Транспортная сеть задана полным графом $G = (V, E)$, $V = v_0, \dots, v_n$, где вершина v_0 интерпретируется как склад, а $v_1, \dots, v_n$ — клиенты.

Каждому ребру $e_{ij} \in E; i, j = 0 \dots n$ сопоставлена характеристика времени движения из пункта v_i в v_j , где $i, j = 0 \dots n$. Задано множество агентов $A = (a_1, \dots, a_q)$.

Требуется найти такое разбиение множества V на непересекающиеся

подмножества $V = \bigcup_{k=1}^q V^{a_k}; V^{a_k} \cap V^{a_l} = \emptyset; l \neq k; l, k = 1 \dots q$ и для каждого V^{a_k} определить последовательность вершин, то есть маршрут движения R^{a_k} , $k = 1 \dots q$ агента по клиентам. Расписанием R назовем множество маршрутов $\{(R^{a_1} \dots R^{a_q})$ для всех агентов.

Необходимо найти расписание R , для которого самый долгий по времени маршрут будет минимальным.

Метод роя частиц. Рой частиц представляет собой множество объектов, обладающих роевым интеллектом [2]. В отличие от популяционных методов, алгоритм роя частиц не обновляет существующие популяции для создания новых. Он работает с одной статической популяцией, члены которой постепенно улучшаются с появлением информации о пространстве поиска. Данный метод представляет собой вид направленной мутации. Положение частицы в пространстве является аналогом генотипа в эволюционных алгоритмах. Также определены модуль и направление скорости, в котором частица перемещается в каждый момент времени [3].

Отслеживаются следующие моменты:



- наиболее приспособленное положение x^* , найденное частицей x ;
- наиболее приспособленное положение x^+ , найденное всеми информаторами частицы x . Информаторами считается небольшое множество частиц, случайно выбираемых на каждой итерации;
- наиболее приспособленное положение $x^!$, найденное всеми частицами.

Используются следующие коэффициенты:

α – определяет, какая сохраняется доля исходного вектора скорости.

β – определяет приоритет лучшего положения, найденного самой частицей.

γ – определяет приоритет лучшего положения, найденного информаторами.

δ – определяет приоритет лучшего положения, найденного всеми частицами (глобальное лучшее).

ε – определяет как быстро частица движется. Обычно, ε равно 1.

Способы применения PSO к задаче расписания агентов. Основной проблемой в реализации алгоритма для решения задачи расписания был вопрос о способе перехода от задачи в вещественном пространстве к дискретной задаче на графе, на котором построен алгоритм роя частиц. В качестве такого способа предлагается использовать декодер с матрицами весов [1].

Вектор координат, изначально заполненный случайными числами в диапазоне $[-1;1]$, хранится в одномерном массиве, из элементов которого будут составлены матрицы $A=\{a_{ij}\}$; $C=\{c_{ji}\}$; где a_{ij} – значимость агента i для клиента j ; c_{ji} – значимость клиента j для агента i , $i=1..m$; $j=1..n$.

Соотносим агентов и клиентов. В i -й строке матрицы C находим максимальный элемент, пусть этот элемент находится в столбце j . Тогда клиента i посетит агент j . Таким образом, имеем для каждого агента список посещаемых клиентов.

Сортируем список, определяющий порядок обхода. В i -й строке матрицы A сортируем элементы, соответствующие списку посещаемых клиентов по убыванию. Имеем порядок посещения.

Составляем матрицу расписаний R размерности $m*(n+3)$.

$$R = \begin{pmatrix} 0 & \{\text{список}\} & 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots \end{pmatrix}, \text{ где } \{\text{список}\} \text{ – это отсортированный список с номерами}$$

вершин клиентов, то есть маршрут. Во всех строках матрицы R расположены маршруты для каждого агента.

Далее вычисляем целевую функцию по времени, как длительность прохождения пути самым медленным агентом:

$$T = \max_i \left(\sum_{j=1}^{n+2} D_{R_{i,j}R_{i,j+1}} \right) \longrightarrow \min, \text{ где } D \text{ – вес ребра } (c_j, c_{j+1}).$$

Недостаток данного метода состоит в низкой скорости вычислений, в связи с высокой сложностью вычисления времени расписания, равной $O(m*n^2)$. Предлагается другой способ кодирования. Вектор положения частицы делится



на 2 участка размерности n (количество клиентов) и $m+1$ (количество агентов +1) соответственно, которые задают веса сортировки.

Первый участок задает порядок обхода клиентов, второй задает деление расписания по агентам. Таким образом, размерность вещественного пространства в алгоритме PSO сокращается с $2*n*m$ до $m+n+1$.

Численный эксперимент. В ходе проведения численного эксперимента было решено порядка 150 примеров, которые впоследствии были разбиты на классы в зависимости от размерности исходных данных и количества агентов.

Анализ вычислительного эксперимента показал в среднем на исследуемых тестовых примерах улучшение значения целевой функции методом роя частиц по сравнению с жадным алгоритмом: среднее улучшение по всем примерам составляет 15,98% (наименьшее – 0,11%, наибольшее – 89,51%).

Использование метода роя частиц в поставленной задаче составления расписания позволило в целом получать более эффективные расписания движения агентов (транспортных средств), чем это возможно при помощи жадного алгоритма.

Метод роя частиц удобен тем, что позволяет находить экстремум любой, даже очень сложной, функции, без знания ее структуры. Поскольку метод роя частиц является стохастическим методом, он не гарантирует нахождение глобального минимума функции, однако настройка метода дает возможность улучшить его эффективность для конкретной функции.

Литература

1. Рагулина Е.В. Метод роя частиц в задачах составления расписания// Сб. ст. седьмой Всероссийск. зимн. шк.-семинара аспирантов и молодых ученых «Актуальные проблемы науки и техники», 14–16 февраля 2012. Информационные и инфокоммуникационные технологии. Т. 3. – Уфа: УГАТУ, 2012. – с. 326 – 329
2. Зайцев А.А., Курейчик В.В., Полупанов А.А. Обзор эволюционных методов оптимизации на основе роевого интеллекта // Изв. ЮФУ. Технические науки, 2010. – № 12. – с. 7 – 12. – Библиогр.: с. 10 (17 назв.)
3. Luke S. Essentials of Metaheuristics. – 1st ed. – San Francisco (Calif): Creative Commons., 2009. – 237 p.: ill; Bibliogr: p. 214 – 216

В.А. Романенко

НЕЧЁТКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПИСАНИЯ АЭРОПОРТА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДАННЫХ ЕГО ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Рассматривается задача оптимизации расписания движения самолётов, особенно актуальная для узловых аэропортов (хабов). Эффективность широко практикуемой зарубежными авиакомпаниями и внедряемой в настоящее время



авиапредприятиями РФ системы трансферных авиаперевозок через хаб в значительной степени зависит от того, насколько рационально составлено расписание хаба, в котором осуществляются массовые пересадки пассажиров. Хабообразующая авиакомпания, организующая пересадки, может путем грамотного составления расписания существенно повысить уровень трансферных пассажиропотоков, поскольку привлекательность узлового аэропорта с точки зрения пересаживающихся пассажиров во многом определяется длительностью пребывания в нём. При формировании расписания авиакомпания, являясь коммерческим предприятием и рассматривая в качестве одной из своих главных целей максимизацию прибыли, должна так планировать моменты времени прибытия и отправления рейсов, чтобы обеспечить наиболее комфортные условия по времени пребывания в узловом аэропорту пассажирам трансферных авиасвязей, приносящим ей наибольший доход. К таким авиасвязям относятся те из них, которые характеризуются более высокими уровнями пассажиропотоков и на которых перевозки выполняются по более высоким тарифам.

Неудачно составленное расписание, задающее неоправданно длительное время пребывания трансферных пассажиров в хабе, служит причиной оттока пассажиров с авиалиний через рассматриваемый хаб, приводя к экономическим потерям хабообразующей авиакомпании. С другой стороны, слишком краткое время, отводимое расписанием на пересадку пассажиров, не учитывающее вероятные задержки и сбои в обслуживании, вызывающее опоздания трансферных пассажиров на стыковочные рейсы, также вызывает снижение доходов авиакомпании. Другой причиной потерь являются возможные нарушения регулярности движения самолетов, вызванные, например, недостаточно продолжительным плановым временем наземного обслуживания самолетов, не учитывающим возможные задержки. Комплекс этих факторов должен учитываться критерием оптимальности рассматриваемой задачи.

Следует учитывать также, что стремление авиакомпании минимизировать время пребывания трансферных пассажиров в хабе, приводит к организации т.н. волн прибытий-отправлений рейсов, регулярно повторяющихся в течение определенного (суточного или недельного) интервала времени. Задача составления расписания в хабе может быть разбита на ряд независимых задач оптимизации расписания в пределах каждой волны. В качестве критерия оптимальности расписания целесообразно использовать максимум суммарной величины доходов авиакомпании от выполнения перевозки трансферных пассажиров в течение одной выбранной волны прибытий-отправлений рейсов. Оптимизируемыми параметрами являются плановые моменты прибытия и отправления рейсов рассматриваемой волны.

Считая каждый рейс, прибывающий в узловую аэропорт в течение волны, обратным, необходимо учитывать, что на время его готовности к отправлению, помимо планового (по расписанию) времени прибытия, влияют: отклонения времени прибытия от расписания (нерегулярность), продолжительности операций по техническому обслуживанию выполняющего рейс самолёта, а также продолжительности операций по коммерческому обслуживанию пасса-



жиров, в том числе пересеживающихся с других рейсов. Названные продолжительности обслуживания представляют собой случайные числа, для формирования вероятностных распределений которых необходимо наличие большого объема статистических данных.

В качестве источника этой статистики весьма уместно использовать базы данных активно внедряемых в крупных и средних аэропортах автоматизированных информационных систем (ИС) управления производственной деятельностью, в которых накапливается информация, детально и всесторонне описывающая технологические процессы аэропорта, а именно:

- характеристики обслуженных аэропортом рейсов: тип и модификацию самолета, выполняющего рейс; вид перевозки (международная или внутренняя); категорию рейса (начальный, конечный, обратный, транзитный) и т.п.;
- регулярность выполнения рейсов: значения плановых и фактических времен вылета и посадки самолетов, выполняющих рейсы;
- параметры коммерческой загрузки самолетов: число пассажиров и их распределение по категориям и классам обслуживания; вес зарегистрированного багажа и груза и т.п.;
- временные характеристики технологических операций по обслуживанию самолетов и их загрузки: плановые и фактические времена начала и окончания операций и др.

С целью сокращения временных затрат на решение задачи оптимизации расписания удобно использовать не частотную форму представления временных характеристик операций обслуживания самолётов и пассажиров, а нечёткую. Для решения рассматриваемой задачи необходимо также наличие информации по пространственной привлекательности трансферных авиаузлов аэропорта, которая может быть представлена в виде величин трансферных пассажиропотоков между парами периферийных по отношению к хабу аэропортов. Эти данные, носящие вероятностный характер и в целом ряде случаев недоступные, могут быть представлены в виде нечётких чисел, определяемых либо по черпаемой из ИС статистике, либо согласно экспертным оценкам.

Предпочтения трансферных пассажиров в отношении времени пребывания в узловом аэропорту целесообразно выразить трапецеидальной функцией желательности. Функция указанного вида позволяет учесть нежелательность как слишком короткого, так и чрезмерно продолжительного времени, отводимого на пересадку. Реализация как первой, так и второй ситуаций приводит к отказам потенциальных трансферных пассажиров от перевозки через рассматриваемый хаб и снижению их числа.

Решение поставленной задачи требует также наличия данных о тарифах на трансферную перевозку через узловой аэропорт. Здесь нечёткость обусловлена разнообразием тарифов по авиасвязям и в пределах каждой из них.

Таким образом, задача оптимизации расписания узлового аэропорта рассматривается как задача нелинейного программирования с нечётким критери-



ем, в роли которого выступает максимум суммарных доходов, и набором как нечётких, так и чётких ограничений.

Размытость критерия обусловлена нечётким характером входящих в него величин трансферных пассажиропотоков, зависящих от времени пребывания в аэропорту, и тарифов. Нечёткими являются временные ограничения, учитывающие необходимость выполнения операций по обслуживанию самолетов и пассажиров. Чёткие ограничения связаны с учётом пропускной способности элементов летного поля узлового аэропорта и предполагают наличие заданного временного интервала между последовательными взлётно-посадочными операциями в пределах волны.

Чтобы избежать необходимости решения многокритериальной задачи, вызванной нечёткостью целевой функции, здесь использована её дефаззификация в соответствии с несколько модифицированным теоретико-вероятностным подходом сравнения нечетких чисел, описанным в [1].

Сформулированная задача была решена для гипотетического хаба, формируемого на базе Международного аэропорта Курумоч. Выбор объекта исследования был обусловлен наличием достаточного объема хранящейся в базе данных ИС статистической информации, характеризующей технологические процессы и пассажиропотоки аэропорта. Была рассмотрена задача оптимизации расписания, обеспечивающего пересадки пассажиров по наиболее востребованным для данного аэропорта трансферным направлениям в течение волны, включающей 15 прибывающих и отправляющихся рейсов. Результаты решения задачи продемонстрировали возможность существенного (не менее 20-25%) увеличения доходов, обусловленного оптимизацией расписания.

Литература

1. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов П.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология. – М.: «Издательство Машиностроение-1», 2004. – 397 с.

А.С. Филиппова, Ю.И. Валиахметова, Р.В. Фролов

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ НА БАЗЕ МЕТАЭВРИСТИК

(ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный
технический университет»)

С ростом цен на продукты нефтяной промышленности проблема маршрутизации автотранспорта становится все более актуальной. При этом от решения этой проблемы напрямую зависит цена на товар, а в некоторых областях рынка затраты на доставку товара соизмеримы с его стоимостью. Одним из способов экономии ресурсов при транспортировке грузов является применение современных информационных технологий, использующих для формирования ра-



циональных маршрутов эффективные алгоритмы. Предлагается подход к совершенствованию маршрутизации перевозок грузов путем создания общего алгоритмического обеспечения на базе метаэвристических методов. Метаэвристики – это общие схемы построения алгоритмов, которые могут быть применены практически к любой задаче дискретной оптимизации. Это вероятностные методы локального поиска оптимума с алгоритмическими схемами, построенными на аналогиях с живой природой или технических процессах, допускающие в процессе решения произвольное ухудшение текущего решения (уход от локально-оптимального решения) для перехода в новую окрестность поиска [1]. Предлагается использовать метаэвристические методы (эволюционный, генетический) в составе оптимизационного ядра транспортно-логистической информационной системы, предназначенной для составления кратчайший маршрутов и планов плотной загрузки транспортных средств.

Проблема формирования маршрутов для посещения заданного множества адресов некоторым количеством единиц транспортных средств (ТС) с обязательным возвращением в начальное местоположение после окончания поездки описывается классической задачей комбинаторной оптимизации – задачей коммивояжера [2]. Она является NP-трудной, следовательно, для ее решения не известно точного алгоритма решения полиномиальной сложности и с возрастанием размерности (количества городов). Поэтому на практике целесообразно применять приближенные полиномиальные алгоритмы. Отметим, что для практического применения методов расчета маршрутов необходимо учитывать вместимость (грузоподъемность) транспортных средств. Постановки задач следующие.

Задача маршрутизации с ограниченной вместимостью ТС, [3]. Предприятие со склада осуществляет доставку однородного товара клиентам. При полном удовлетворении потребностей клиентов необходимо минимизировать протяженность маршрутов и количество используемых транспортных средств ограниченной вместимости.

Представим задачу в математической интерпретации. Пусть $G = (V, E)$ – полный неориентированный граф; $V = \{0, 1, \dots, N\}$ – множество вершин, где 0 – склад, $1, \dots, N$ – клиенты; $E = \{[i, j]: i, j \in V, i < j\}$ – множество ребер; c_{ij} – расстояние между пунктами $i, j \in V$. Имеется парк одинаковых ТС вместимостью L ; стоимость использования одного ТС составляет A ; стоимость пробега 1 км составляет a . Для каждого клиента $i \in V/\{0\}$ задан спрос $0 \leq l_i \leq L$.

Требуется составить множество маршрутов, удовлетворяющих следующим условиям: каждый маршрут начинается и заканчивается на складе; суммарный спрос для каждого маршрута не превосходит L ; суммарные издержки минимальны $F = m \cdot A + a \cdot \sum_{j=1}^m d_j$, где m – число маршрутов (число использованных ТС), d_j – суммарная длина маршрута j .



Задача плотной технологичной загрузки ТС. Будем считать, что каждому грузу соответствует прямоугольный контейнер, имеющий длину, ширину и высоту. В силу специфики поставляемых товаров кантовка контейнеров запрещена, т.е. их не разрешается переворачивать и ставить друг на друга. При этом повороты контейнеров в плоскости основания возможны. Высота каждого контейнера не превосходит высоту H грузового отсека ТС. Данные замечания позволяют представлять контейнеры в виде их двумерных проекций на плоскость оснований, грузовой отсек ТС – в виде прямоугольной области, а всю задачу можно свести к двумерной задаче упаковки контейнеров [4]. Важной здесь является интерпретация требования технологичности (комфортности) размещения, т.к. мы имеем дело не с последовательной разгрузкой транспортного средства, а с его последовательной дозагрузкой, порядок которой определяется порядком прохождения ТС задействованных складских пунктов. Под технологичностью разгрузки здесь понимается необходимость учитывать: в каком порядке придется выгружать контейнеры. Порядок, в котором контейнеры будут разгружаться, определяется очередностью обхода пунктов разгрузки. В поставленной задаче требуется минимизировать свободное пространство в грузовом отсеке при условиях: допустимость размещения, технологичность разгрузки, суммарная масса грузов не превышает грузоподъемности ТС.

Решение поставленной проблемы маршрутизации и загрузки ТС состоит из этапов:

- 1) решение задачи нахождения рационального по заданному критерию (суммарному расстоянию, времени, стоимости доставки) порядка объезда получателей для каждого маршрута. Это *задача маршрутизации*;
- 2) определение плана плотной технологичной загрузки ТС. Это *задача загрузки ТС*.

Для каждого этапа предлагается использовать метаэвристические методы решения. На первом предлагается использовать множество случайных остовных деревьев (каждое следующее дерево строится путем небольшого изменения структуры предыдущего) и для них решать задачу маршрутизации. При этом в ходе алгоритма учитывается степень загрузки ТС, а исходные данные корректируются в процессе проектирования маршрутов. Перебор допустимых решений, построенных на остовных деревьях и выбор лучшего маршрута осуществляется с помощью эволюционной метаэвристики (1+1)-ЕА [1]. Этот подход позволяет осуществлять быстрый поиск локально-оптимального решения.

Для второго этапа используется мультиметодный генетический алгоритм [4]. При составлении плана загрузки перебор различных товаров (контейнеров) происходит только для тех, которые подлежат очередной выгрузке. Плотная упаковка достигается за счет использования простых эвристик, которые на каждом шаге для размещения выбирает, наиболее подходящий на данном шаге контейнер. Мультиметодная технология предполагает применение для очередного шага размещения *случайных* из заданного набора алгоритмов для размещения *лучшего* контейнера. Стратегия мультиметодного алгоритма направлена на двухстороннюю экономию ресурса, по длине или по ширине заполняемой



области. Формулируется набор альтернативных элементарных эвристик, например:

- S1) выбирается еще не упакованный контейнер, обеспечивающий минимальное свободное расстояние по ширине грузового отсека;
- S2) выбирается еще не упакованный контейнер, обеспечивающий минимальное свободное расстояние по длине грузового отсека;
- S3) то же, что и в S2, но сначала исследуются контейнеры повернутыми на 90° ;
- S4) выбирается контейнер с наибольшей площадью.

Порядок применения той или иной элементарной эвристики для загрузки каждого следующего контейнера определяется согласно общей схеме генетического алгоритма (ГА).

Вычислительные эксперименты позволили сделать вывод об эффективности предлагаемого подхода решения общей проблемы. Применение метаэвристик позволяет существенно снизить время расчетов и уменьшить протяженность маршрутов в среднем на 8,35% (наибольшее – 15,58%) по сравнению с классическими способами «ближайшего соседа» и «первого подходящего».

Применяя современные технологии для решения основных транспортно-логистических задач при формировании плотных планов загрузки и маршрутов движения ТС, уменьшая общую протяженность маршрутов доставки товара и количество используемых ТС можно уменьшить транспортные затраты. Эффект использования общего алгоритмического обеспечения на базе метаэвристических методов решения задач транспортной логистики наиболее проявляется при масштабных грузоперевозках, в особенности, когда время доставки не позволяет использовать возможность накопления грузов в течение длительного времени и доставки более крупногабаритным транспортом.

Литература

1. Кочетов Ю.А. Вероятностные методы локального поиска для задач дискретной оптимизации // Дискретная математика и ее приложения. Сборник лекций молодежных и научных школ по дискретной математике и ее приложениям. М.: Изд-во центра прикладных исследований при мех.-матем. ф-те МГУ. 2000. – с. 87 – 117
2. Сигал И.Х., Иванова А. П. Введение в прикладное дискретное программирование: модели и вычислительные алгоритмы: Учеб. Пособие / Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 304 с.
3. Филиппова А.С., Филиппов Д.В. Гильманова Н.А. Задачи маршрутизации в транспортных логистических системах: локальный поиск оптимальных решений // Информационные технологии, 2009. – № 2. – с. 59 – 63
4. Филиппова А.С., Валиахметова Ю.И. Мультиметодный генетический алгоритм для решения задач ортогональной упаковки. // Информационные технологии, 2007. – № 12. – с. 50 – 57



ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МЕДИЦИНЕ

В.А. Акулов

ПРОБЛЕМА ВЕРИФИКАЦИИ МОДЕЛЕЙ МЕДИЦИНСКИХ ЦЕНТРИФУГ НАЗЕМНОГО И КОСМИЧЕСКОГО ПРИМЕНЕНИЯ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Введение. Постановка задачи. История современных центрифуг медицинского назначения относительно коротка. Она тесно связана с историей пилотируемой космонавтики и поэтому насчитывает всего несколько десятилетий. Существуют несколько разновидностей таких центрифуг, отличающихся, прежде всего, величиной радиуса ротора (r). Если $r \sim 2$ м, т. е. соизмерим с ростом человека, то такие центрифуги называются короткорADIUSНЫМИ (ЦКР). В космической медицине (КМ) ЦКР рассматриваются как перспективное средство активного устранения невесомости, инструмента для научных исследований и разработки нового поколения методик, обеспечивающих здоровье и работоспособность космонавтов в сверхдлительных полётах, а в перспективе - межпланетных миссиях [1].

Вторым приложением ЦКР, но уже к лечению больных, отличающихся возрастом (ростом), нозологической формой и локализацией патологических участков, относится гравитационная терапия (ГТ). Это направление возглавляет д. м. н., профессор Г. Н. Котельников (СамГМУ) [2]. Как в случае КМ, так и ГТ речь идёт о замещении естественной силы тяжести (ЕСТ) искусственной силой тяжести (ИСТ). Таким образом ЦКР становится физической моделью ЕСТ, а, следовательно, актуальность приобретает задача по оценке адекватности ИСТ и ЕСТ. В силу исторических причин (промышленный подход) такая оценка производится по перегрузке $+G_z$ на периферийном радиусе:

$$+G_z = \omega^2 r/g. \quad (1)$$

Здесь ω – угловая скорость вращения ротора ЦКР, r – радиус вращения, g – ускорение свободного падения у поверхности Земли (напряжённость поля ИСТ).

Совершенно очевидно, что подобная оценка адекватности является точечной, а, главное, не позволяет определить режимы вращения, обеспечивающие физическое моделирование гравитационного поля Земли. Специалистами Института медико-биологических проблем (ИМБП РАН) эта задача решена с помощью уникальных экспериментов [1]. Однако такой подход оказывается недостаточным при определении режимов моделирования гравитации Луны и Марса. В монографии [3] разработан δ - критерий адекватности ИСТ и ЕСТ, позволяющий решить эти задачи. Его основу составляет энергетический подход в



форме баланса/рассогласования потенциальной энергии, которая сообщается жидкости, содержащейся в гидравлическом тракте протяжённого объекта, в результате воздействия со стороны ЕСТ (планеты) и ИСТ (ЦКР), соответственно. Опуская преобразования, а они основаны на закономерностях гидравлики и аналитической механики получим:

$$\delta = \left(\frac{\omega^2}{3g} \frac{h^3 - R_1^2(3h - 2R_1)}{(h - R_1)^2} - 1 \right) \cdot 100\%. \quad (2)$$

Здесь h – рост пациента, R_1 – расстояние от оси вращения до сердца.

Критерий устраняет неопределённости, связанные с нахождением точки приложения и величины центростремительного ускорения, возникающие в медицинских приложениях в случае применения традиционного («промышленного») подхода (1) в обеспечении заданной перегрузки на периферийном радиусе центробежной машины (+Gz). Кроме того, критерий осуществляет однозначное разграничение режимов гипо и гипергравитации ($\delta < 0$, $\delta > 0$, соответственно).

Применяя (2), оценка адекватности ИСТ и ЕСТ сводится к определению распределения давления в гидравлическом тракте объекта воздействия (артериальное русло человека, семейство парабол), обусловленного центробежной силой, наименее отличающегося от распределения гидростатического давления (прямая, принимаемая за эталон). Графическая иллюстрация постановки задачи приведена на рис. 1.

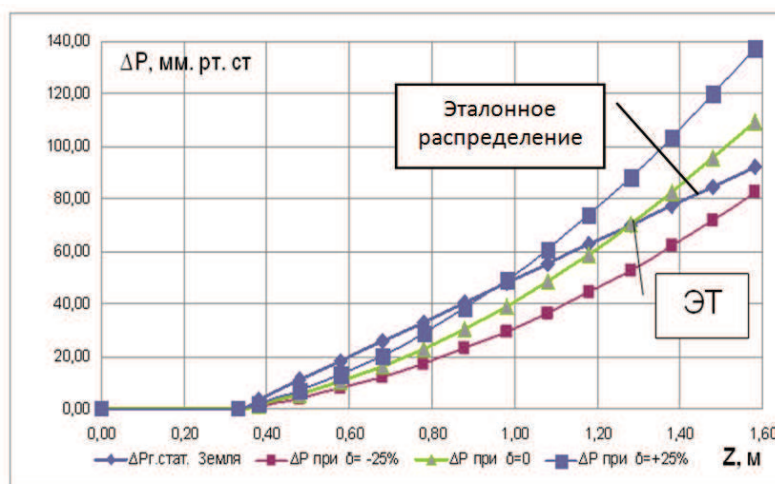


Рис. 1. Геометрический смысл задачи нахождения наилучшего приближения ИСТ (ЦКР) и ЕСТ (Земля)

Следует отметить, что от достоверности информации, полученной в результате применения δ - критерия, зависит достоверность результатов решения значительного числа научно-технических задач в космической и восстановительной медицине. Среди них, активное устранение невесомости и гиподинамии, поиск оптимальных режимов вращения, моделирование гипогравитации (Луна, Марс) в наземных и космических условиях, планирование медико-технических экспериментов по проблемам гравитации, лечение больных с ишемией нижних конечностей, апробация гравитационной терапии в новых для неё областях и т. д.



Учитывая научную новизну и исключительную практическую значимость δ – критерия, оценка его достоверности выделена в отдельную задачу, которая позиционируется как верификация. Она заключается в доказательстве того, что распределение инерционного давления ($\Delta P(\delta)$) по радиусу z , полученное при $\delta = 0$, является наилучшим из числа возможных приближением к распределению гидростатического давления по продольной координате, обусловленного ЕСТ ($\Delta P_{г.стат.Земля}$).

Методологические основы исследований. В основу метода исследований положен теоретико-множественный подход. Он позволяет оценить объект, в данном случае δ – критерий, с различных позиций с привлечением как качественных, так и количественных показателей. Исследования включали в себя следующие этапы. 1. Анализ мер по обеспечению достоверности δ - критерия при его разработке. 2. Непараметрический анализ распределений гидростатического и инерционного давления на основе критерия χ^2 и критерия знаков. 3. Регрессионный анализ распределений давления. 4. Компьютерное моделирование типовых сеансов вращения человека на ЦКР, выполненных в космической и восстановительной медицине. 5. Постановка и выполнение проблемно ориентированных медико-технических экспериментов на ЦКР.

Из перечисленных пяти этапов, этап 2 является наиболее важным. Результаты его выполнения в части применения критерия χ^2 и посвящена настоящая статья.

Результаты исследований. Как известно, критерий χ^2 является мерой различий двух процессов, причём процессы могут быть как стохастическими, так и детерминированными. В данной серии исследовались детерминированные процессы, представленные в виде точечных множеств. Решение задачи включало в себя два пункта: а) определение зависимости χ^2 от δ при постоянстве эталонного и вариации модельных процессов (три из них показаны на рис. 1); б) нахождение минимума χ^2 , который и определяет процесс (распределение), обладающее минимальными отличиями от эталонного. Остаётся доказать, что минимуму χ^2 соответствует нулевая величина δ – критерия.

Как известно, величина χ^2 вычисляется по формуле

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^N \frac{(\Delta P_{г.стат.Земля} - \Delta P_i(\delta))^2}{\Delta P_{г.стат.Земля}}. \quad (3)$$

В результате адаптации критерия χ^2 к специфике решаемой задачи алгоритм выбора наилучшего приближения ИСТ к ЕСТ (Земля) принял вид последовательности состоящей из шести процедур. Результаты их выполнения в диапазоне управления $\delta \in [-25, +25]$ и при двух уровнях дискретизации по продольной координате (радиусу) $\Delta z = 0,1$ и $0,05$ м представлены в таблице 1 и на рис. 2. За единицу приняты параметры, соответствующие $\min\{\chi^2\}$.

Для наглядности они в таблице выделены заливкой.

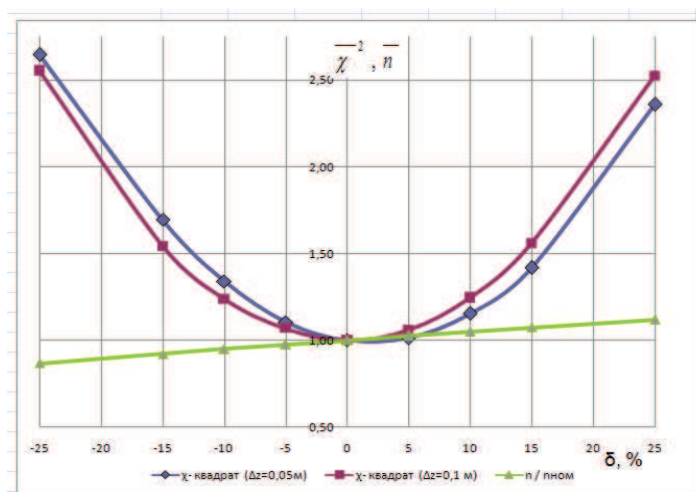


Рис. 2. Зависимость относительных величин χ^2 и $\bar{n}$ от δ .
 n – частота вращения [об/мин]

Таблица 1. Типовые зависимости относительных величин χ^2 , $\bar{n}$ от δ .

№№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\delta, \%$	-25	-15	-10	-5	0	5	10	15	25
χ^2 ($\Delta z=0,1$ м)	2,55	1,54	1,24	1,07	1,00	1,06	1,25	1,56	2,52
χ^2 ($\Delta z=0,05$ м)	2,71	1,69	1,34	1,10	1,00	1,01	1,15	1,42	2,36
$\bar{n} = n / n_{ном}$	0,87	0,92	0,95	0,98	1,00	1,03	1,05	1,07	1,12
Уровень воздействия	Гипогравитация				Минимум отличий	Гипергравитация			

Представленные результаты подтверждают достоверность предлагаемого δ - критерия адекватности ИСТ и ЕСТ (Земля) и позволяют сформулировать следующие выводы.

Во-первых, получено подтверждение того, что при $\delta = 0$ различия ИСТ и ЕСТ (Земля) минимальны, причём подтверждение носит как качественный, так и количественный характер.

Во-вторых, подтверждение носит независимый характер, поскольку критерии χ^2 и δ построены на различных принципах.

В-третьих, в отличие от формального критерия χ^2 и общепринятого в промышленности параметра +Gz, предлагаемый критерий, в основу которого положен энергетический подход, осуществляет более детальную оценку адекватности ИСТ и ЕСТ и позволяет определить режимы адекватности ИСТ и ЕСТ ($\delta = 0$), а также осуществить разграничение режимов вращения на гипо и гипергравитацию ($\delta < 0$, $\delta > 0$), что очень важно для космической и восстановительной медицины;

В-четвёртых, величина δ является количественной оценкой баланса / различий в уровнях гравитационной нагрузки на объект воздействия со стороны ИСТ и ЕСТ. Такого рода информация представляет значительный интерес для медицинских приложений.



В-пятых, δ - критерий построен на непрерывных моделях состояний объектов воздействия. Поэтому он, в отличие от критерия χ^2 , не зависит от шага дискретизации по координате Z . Кроме того, он не зависит от рода жидкости, содержащейся в объекте воздействия, что весьма важно с точки зрения планирования экспериментов и назначения процедур в гравитационной терапии.

В-шестых, трактовка результатов непараметрического анализа в виде суммарного относительного отклонения двух распределений (3) понятна медицинскому персоналу как пользователю моделей ИСТ, реализованных в компьютерных технологиях.

Литература

1. Котовская А.Р., Шипов А.А., Виль-Вильямс И.Ф. Медико-биологические аспекты проблем создания искусственной силы тяжести. М.: Слово, 1996
2. Галкин Р.А., Котельников Г.П., Макаров И.В. Применение гравитационных перегрузок в терапии облитерирующего атеросклероза нижних конечностей // Вестник хирургии, 2003. – №1. – с. 82 – 85
3. Акулов В.А. Мехатронные системы генерации искусственной силы тяжести наземного и космического применения / под ред. Г.П. Аншакова. – М. Машиностроение, 2011. – 161 с.

А.К. Алимуратов, П.П. Чураков

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СРЕДСТВАМИ ТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЛЯ ЛЮДЕЙ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ПОСРЕДСТВОМ АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

(ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет»)

Статья посвящена разработке системы управления средствами технического назначения для инвалидов с помощью звуковых команд. Подчеркивается актуальность задачи исследования и разработки системы для обеспечения людей с ограниченными возможностями средствами социально-бытовой адаптации. Предлагается алгоритм работы системы управления, основанный на использовании адаптивного математического аппарата преобразования Гильберта-Хуанга.

По данным министерства здравоохранения и социального развития Российской Федерации от 2012 года:

- количество инвалидов в России составляет свыше 13 млн. человек, 9,2% от общего числа населения;
- ежегодно численность инвалидов в стране увеличивается на 1 млн. человек.

Социальная политика в России направлена на восстановление нарушенных связей инвалидов с обществом. Согласно государственной программе



«Доступная среда» в России существует необходимость создания систем социально-бытовой адаптации, т.е. обеспечение инвалидов специализированными техническими средствами, помогающими им в сферах здравоохранения, быта и образования.

Разрабатываемая интеллектуальная система (см. рисунок 1) представляет собой программно-аппаратный комплекс, предназначенный для дистанционного управления средствами технического назначения с помощью любых индивидуальных акустических сигналов (шаблонов звуков) [1].

Управление в разрабатываемой системе будет осуществляться средствами первой необходимости:

- система вызова помощи медперсонала;
- управление навигацией инвалидных кресел;
- организация доступа в помещение, с помощью «звукового ключа»;
- контроль и управление освещением;
- управление домашней бытовой техникой.

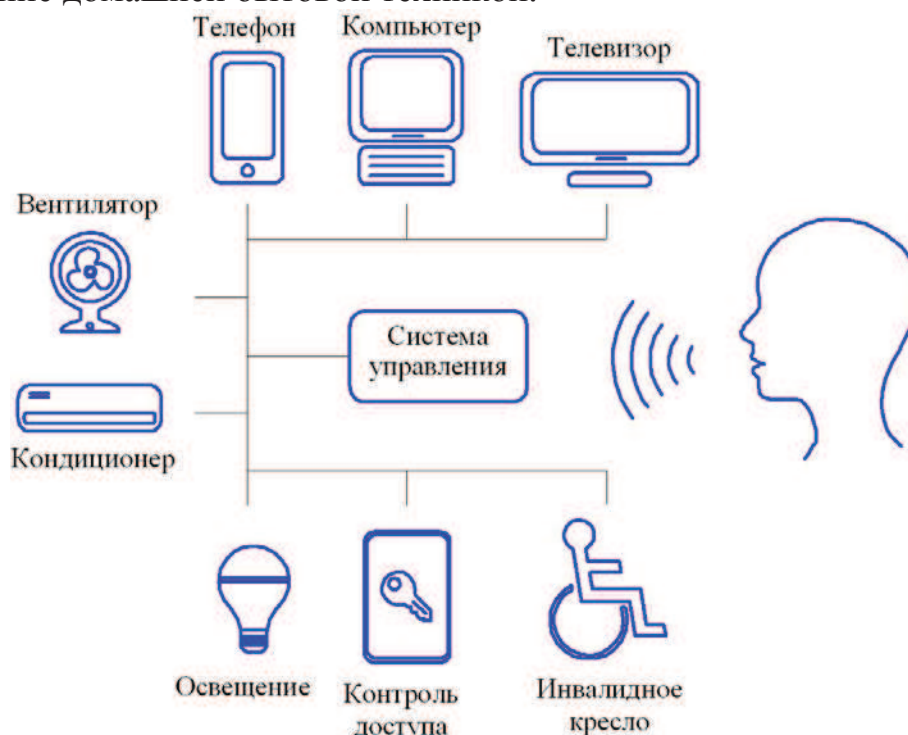


Рис. 1

Суть разработки к исследованию технологии адаптивной обработки акустических сигналов, с использованием новейших математических новаций – преобразования Гильберта-Хуанга [2], и внедрение данной технологии на практике в качестве разработки интеллектуальной системы управления средствами технического назначения посредством акустических сигналов.

Под обработкой подразумевается фильтрация и выделение информативных параметров акустических сигналов, в качестве которых могут выступать любые индивидуальные акустические сигналы, способные воспроизводить люди с ограниченными возможностями: искаженная речь, мычание, хрип, крик, хлопki и т.п.



Приведенные виды акустических сигналов по своей природе являются нелинейными и нестационарными, что серьезно усложняет их обработку и анализ. На сегодняшний день для обработки акустических сигналов, как правило, используются два основных метода: временной и спектральный.

Суть временного метода заключается в определении характерных точек сигнала с последующим использованием их для вычисления информативных параметров. С точки зрения технической реализации в качестве характерных точек могут быть выбраны явные максимумы (минимумы) и моменты пересечения нулевой оси времени функцией сигнала. Главным недостатком временных методов заключается в неоднозначности выделения характерных точек, вызванной шумами и смещениями нулевого уровня.

Особенностью спектрального метода является использование всех отсчетов данных, зарегистрированных в сигнале. Многие акустические сигналы имеют специфический спектральный состав и занимают характерные спектральные области. Использование спектрального анализа позволяет выделять информативные параметры с достаточной точностью. К недостаткам классического спектрального метода относятся низкая адаптивность к локальным свойствам сигналов, недостаточно высокое спектральное разрешение и сравнительно большие вычислительные затраты.

Как правило, оба метода обработки проводятся по выборке данных достаточно большой длительности, и короткие локальные изменения не вносят значительного вклада в результирующий анализ сигнала. Для решения этой проблемы предложено использовать новый метод обработки акустических сигналов, основанный на преобразовании Гильберта-Хуанга. Основным преимуществом данного метода является высокая адаптивность, проявляющаяся в том, что базисные функции, используемые при разложении звука, извлекаются непосредственно из самого исходного сигнала и позволяют учитывать только ему свойственные особенности [3].

Составляющие, полученные в результате разложения, позволяют выполнять эффективное для дальнейшего анализа преобразование Гильберта-Хуанга. В результате акустический сигнал представляется в частотно-энергетически-временной области, что позволяет выявить скрытые модуляции и области концентрации энергии, которые позволяют анализировать как глобальные, так и локальные свойства сигналов и требуют меньших вычислительных затрат [4].

Преобразование Гильберта-Хуанга включает два основных этапа:

1. Разложение сигнала на компоненты – декомпозиция на эмпирические моды (ДЭМ);
2. Формирование по полученным эмпирическим модам спектра Гильберта.

На рисунке 2 приведен алгоритм ДЭМ. Приведенный алгоритм является классическим, базовым, он достаточно прост в реализации и требует сравнительно небольшого объема вычислений.

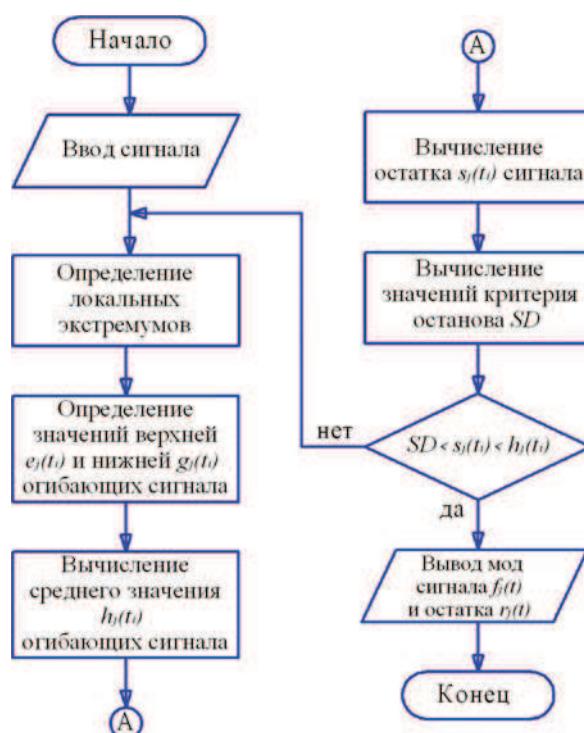


Рис. 2

На сегодняшний день, для людей с ограниченными возможностями, существует достаточное количество систем голосового управления, в том числе и на русском языке. 97% этих систем представляют собой программные продукты для управления персональным компьютером или телефоном: «Dragon Naturally Speaking», «MagniTalk», «Vocal Joystick», «Сакрамент», «Горыныч» и др. И всего лишь 3 % это системы, представляющие собой устройства голосового управления техническими средствами. В основном эти устройства встроены в высокоинтеллектуальные системы контроля и управления, типа «Smart Home» («Умный дом»). В мире можно отметить несколько производителей таких систем: «Voice activated Software in Home control systems for elderly and disabled», «Voice Activated Appliances for Severely Disabled Persons», «Voice control system for smart home based Zigbee».

Анализ приведенных систем, выявил некоторые недостатки:

- интеграция в высокоинтеллектуальные системы «Умный дом», обладает избыточной функциональностью и соответственно высокой и неприемлемой для инвалидов ценой;
- управление осуществляется только голосовыми командами, в ситуации, когда у инвалида серьезные нарушения с артикуляционным аппаратом, и он не способен воспроизводить внятную речь, данные системы неприменимы.

Для устранения приведенных недостатков, в качестве преимуществ над аналогами, предложены следующие решения:

- разработка автономного программно-аппаратного комплекса управления средствами первой необходимости для людей с ограниченными возможностями;



- применения высокоэффективных адаптивных алгоритмов обработки на основе преобразования Гильберта-Хуанга, позволяющих использовать в качестве команд управления любые акустические сигналы.

Литература

1. Фролов А.В., Фролов Г.В. Синтез и распознавание речи. Современные решения. – М.: Связь, 2003. – 216 с.
2. Huang N.E., Shen Z., Long S.R. The empirical mode decomposition and the Hilbert spectrum for nonlinear and non-stationary time series analysis // Proc. R.: Soc. Lond. A. V. 454, 1998. – pp. 903 – 995
3. Алимуратов А.К., Чураков П.П., Тычков А.Ю. Фильтрация речевых сигналов с использованием метода множественной декомпозиции и оценки энергии эмпирических мод // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки, 2012. – № 4. – с. 117 – 125
4. Алимуратов А.К., Чураков П.П., Тычков А.Ю. Определение частоты основного тона речевого сигнала с использованием метода множественной декомпозиции на эмпирические моды // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе: сб. тр. III Всерос. науч.-практ. конф. студентов и молодых ученых. – Пенза, 2012. – с. 121 – 126

М.Ю. Батраков¹, Н.А. Горбаченко¹, Д.Ю. Зайцев¹,
Н.В. Сапцин¹, А.В. Иващенко¹, С.С. Чаплыгин², А.В. Колсанов²

ТРЕНАЖЕР ДЛЯ СИМУЛЯЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ЭНДОСКОПИЧЕСКОМУ ОПЕРАТИВНОМУ ВМЕШАТЕЛЬСТВУ

(¹ Magenta Technology, London, UK;

² ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет»)

Симуляционное обучение в медицине – вид учебной деятельности, направленный на освоение обучающимися всех категорий практических навыков, комплексных умений и отработки командных действий в процессе оказания медицинской помощи на основе применения симуляционных моделей: роботов-симуляторов пациента, виртуальных тренажеров, муляжей, фантомов и манекенов. Симуляционные технологии в медицине являются новым для российского здравоохранения форматом обучения с выраженным практическим акцентом, эффективно формирующим в участниках прикладные навыки через погружение в реальность [1]. В связи с этим актуальной является задача разработки и внедрения современных технологий симуляционного обучения в медицинских вузах [2].

Существующие медицинские тренажеры для обучения врачей-хирургов навыкам и умениям, необходимым для эндохирургического вмешательства, которые обладают высокой реалистичностью, достаточно дороги [3], и при этом не позволяют в полной мере моделировать обратную связь, что существенно



снижает достоверность тактильных ощущений. Для устранения этого недостатка был разработан аппаратно-программный комплекс «Виртуальный хирург» для 3D моделирования операционного процесса и системного обучения врача-хирурга методикам открытой хирургии с небольшим размером операционного поля, методикам эндоваскулярной хирургии и эндоскопической хирургии на этапах додипломного и последипломного образования.

Комплекс универсален, может применяться для отработки базовых навыков и для освоения методик проведения операций, включая тактику при возможных осложнениях. Наличие общей программной составляющей, возможность подключения различных манипуляторов и средств визуализации позволяет использовать комплекс как для освоения методик эндоваскулярной и эндоскопической хирургии, так и для методик открытой хирургии с небольшим размером операционного поля. Манипуляторы с реалистичной силовой обратной связью по ощущениям максимально приближены к реальным. Возможность неограниченного повторения упражнений позволяет использовать комплекс для закрепления навыков. Наличие алгоритмов оценки качества в составе учебно-методических модулей комплекса позволяет объективно оценить результаты тренировок.

Внешний вид тренажера, для симуляционного обучения эндоскопическому оперативному вмешательству приведен на рисунке 1. Конструкция манипуляторов была разработана с возможностью подключения к компьютеру и управления через программное обеспечение АПК «Виртуальный хирург». В ходе разработки комплекса разработаны два варианта универсального манипулятора различной конструкции.

Первый вариант предполагает использование сервомашин HITEC HS 7955 с шагово-импульсным управлением. Второй вариант предполагает ис-



Рис. 2. Внешний вид тренажера



пользование сервомашин Dynamixel MX28 с цифровым управлением, возможностью регулировки усилия и получения данных о текущем состоянии. Во втором варианте макета схема была доработана с целью повышения эргономических (габариты) и технических (надежность) показателей манипулятора.

Степени свободы движения манипулятора для эндоскопического инструмента включают в себя все степени свободы движения и необходимые обратные связи, требуемые для манипулятора имитации камеры. Поэтому испытания взаимодействия ПО с манипулятором для имитации камеры проводятся с использованием того же макета с отключенными избыточными обратными связями.

Программное обеспечение комплекса реализовано с использованием современных технологий для построения и моделирования 3D сред и физических свойств материалов: USB HID, DirectInput, SDL, OpenGL, Direct3D, OpenCL, DirectCompute, CUDA, PhysX, Havok. В частности, реализован специализированный модуль, который обеспечивает полную реализацию модели физического взаимодействия в рамках операционного поля, включая обнаружение и обработку столкновений мягких тел, т.е. факта взаимодействия объектов операционного поля между собой, определение изменений в положении (перемещение) и в геометрии (деформация) объектов операционного поля, определение изменений топологии объектов операционного поля (нарушение целостности), обработку дискретных событий, изменяющих физическую модель операционного поля (клипирование, отрезание, коагуляция, смена инструмента и т.д.), регистрацию событий взаимодействия инструментов с объектами операционного поля с требуемой детализацией и расчет положений и сил при взаимодействии инструментов с объектами операционного поля.

В результате по заданию оператора комплекс может проводить 3D моделирование операционного процесса, загружая учебно-методические модули по конкретным методикам эндоскопической хирургии. Моделирование проводится по установленным сценариям. В зависимости от уровня подготовки пользователя могут быть выбраны сценарии различной сложности, включающие особенности анатомического строения органов и варианты развития осложнений до операции и в ходе операции. После загрузки программного модуля требуемой методики и уровня сложности пользователь приступает к выполнению симуляции хирургического вмешательства, используя манипуляторы комплекса, действуя по методике выполнения операции, контролируя свои действия по изображению на мониторе и по ощущениям обратной силовой реакции манипуляторов. Изображение на мониторе (см. рис. 2) строится на основании отслеженных изменений положения манипуляторов и команд пользователя. По окончании симуляции на экран выводятся результаты работы пользователя в виде текста. Пользователь с правами администратора может выбирать методики и уровень сложности симуляции, а также распечатывать результаты.

После загрузки программного модуля требуемой методики и уровня сложности пользователь приступает к выполнению симуляции хирургического вмешательства, используя манипуляторы комплекса, действуя по методике вы-



полнения операции, контролируя свои действия по изображению на мониторе и по ощущениям обратной силовой реакции манипуляторов. Изображение на мониторе строится на основании отслеженных изменений положения манипуляторов и команд пользователя. Обратные силовые реакции манипуляторов имитируют сопротивление тканей и инструментов, создавая на рукоятках управления силы сопротивления, пропорциональные приложенным пользователем усилиям и рассчитанные по заложенным критериям сопротивления тканей и инструментов. По окончании симуляции на экран выводятся результаты работы пользователя в виде текста. Пользователь с правами администратора может выбирать методики и уровень сложности симуляции, а также распечатывать результаты.

Разработанные технологии 3D моделирования операционного процесса и учебно-методические модули позволяют обеспечить системное обучение врача-хирурга методикам эндоскопической хирургии на этапах додипломного и последипломного образования. Использование его в учебном процессе позволяет повысить качество подготовки высококвалифицированных медицинских специалистов.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ.

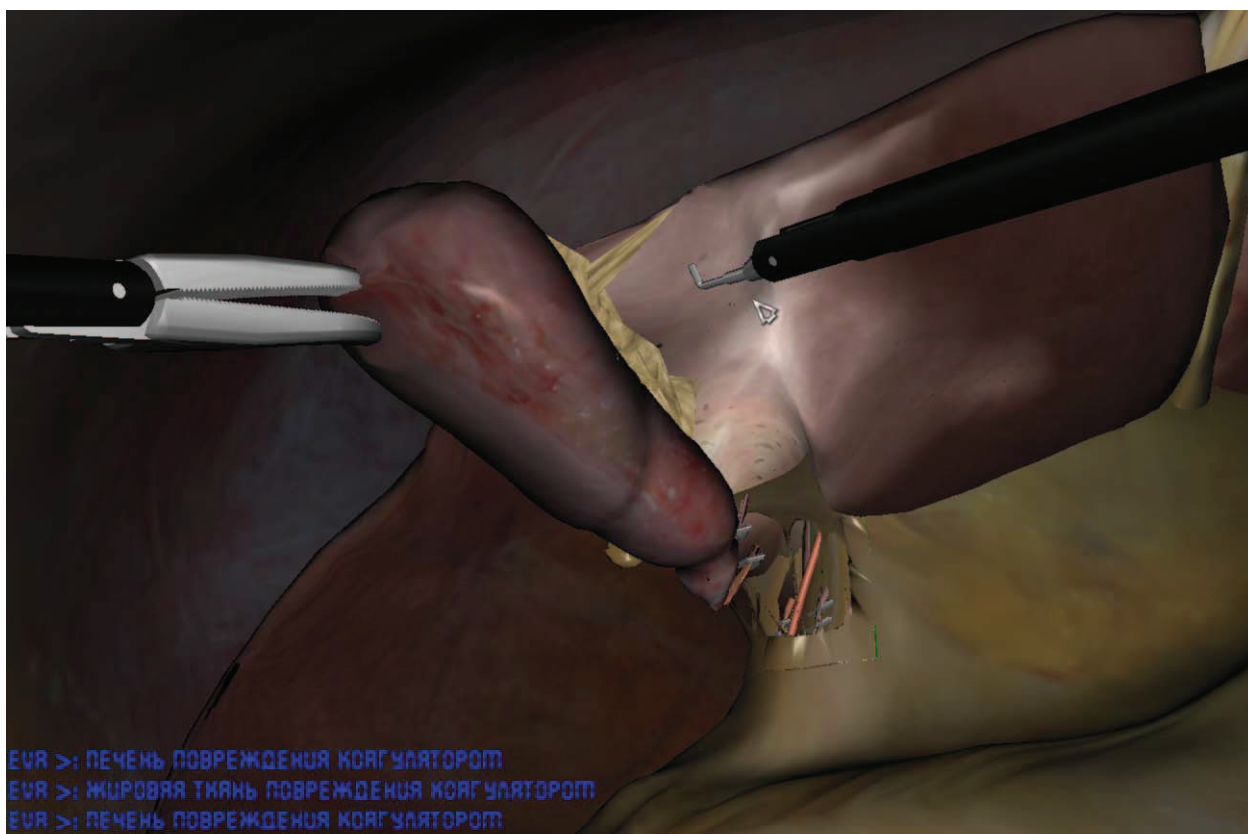


Рис. 2. Трехмерная модель для лапароскопической холецистэктомии



Литература

1. Филимонов В.С., Талибов О.Б., Вёрткин А.Л. Эффективность симуляционной технологии обучения врачей по ведению пациентов в критических ситуациях // Врач скорой помощи, 2010. – № 6. – с. 9 – 19
2. Колсанов А.В., Юнусов Р.Р., Яремин Б.И., Чаплыгин С.С., Воронин А.С., Грачев Б.Д., Дубинин А.А., Назарян А.К. Разработка и внедрение современных медицинских технологий в систему медицинского образования // Врач-аспирант, 2012. – № 2.4 (51). – с. 584 – 588
3. Горшков М.Д., Федоров А.В. Классификация по уровням реалистичности оборудования для обучения эндохирургии // Виртуальные технологии в медицине, 2012. – № 1(7). – с. 35 – 39

А.С. Черепанов¹, С.А. Макаров¹, Н.В. Сапцин¹, А.В. Иващенко¹,
Б.И. Яремин², А.В. Колсанов²

ТРЕНАЖЕР ДЛЯ СИМУЛЯЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ЭНДОВАСКУЛЯРНОМУ ОПЕРАТИВНОМУ ВМЕШАТЕЛЬСТВУ

(¹ Magenta Technology, London, UK;

² ГБОУ ВПО «Самарский государственный медицинский университет»)

Согласно Резолюции I Съезда Российского общества симуляционного обучения в медицине (РОСОМЕД, 27-28 сентября 2012) освоение практических навыков с помощью симуляционного тренинга исключает риск для жизни и здоровья пациента и обучаемого, позволяет проводить занятия по индивидуальной образовательной программе без учета режима работы клиники и графика преподавателя, дает возможность многократной отработки навыка и доведения манипуляции до автоматизма, обеспечивает объективный контроль качества ее выполнения, позволяет моделировать редкие патологии и клинические случаи, снижает у молодых специалистов стресс при проведении первых вмешательств на реальных пациентах. Разработка новых технологий симуляционного обучения [1] позволит повысить уровень подготовки врачей-хирургов, развить возможности отработки методик с учетом индивидуальных особенностей пациента и, таким образом, обеспечить развитие отечественной медицины. В свою очередь, повышение уровня оказываемых медицинских услуг приведет к общему повышению качества жизни населения.

Эндоваскулярная хирургия предполагает проведение операций на кровеносных сосудах чрезкожным доступом под ангиографическим (рентгеновским) контролем с использованием специальных инструментов: катетеров, проводников и т.д. Поскольку традиционные методы обучения хирургов слабо применимы при обучении эндоваскулярной хирургии, актуальной задачей является разработка специализированных тренажеров, позволяющих обучать методикам проведения операции, не подвергая риску реальных пациентов. В частности,



наиболее перспективным направлением является использование тренажеров виртуальной реальности, с применением аппаратно-программных средств, имитирующих процесс ввода реальных инструментов в сосудистую систему пациента и реалистичную рентгеновскую картину в процессе тренировки.

Существует крайне ограниченный перечень доступных для использования виртуальных тренажеров для симуляционного обучения эндоваскулярной хирургии. При этом существующие тренажеры отличаются крайне высокой стоимостью, ограниченным набором доступных операций, закрытой архитектурой, не допускающей возможностей расширения функциональности.

Для устранения этих недостатков в рамках аппаратно-программного комплекса «Виртуальный хирург» был разработан оригинальный тренажер эндоваскулярной хирургии, обеспечивающий реалистичную симуляцию проведения операций. Аппаратное обеспечение тренажера включает манипулятор для имитации работы с зондом, имитирующий ввод и перемещение реальных инструментов в сосудах пациента, а также органы управления рентгеновским оборудованием, используемым в ходе операции. Разработанный впервые манипулятор обеспечивает ввод, контроль положения и силовую обратную связь для 3 инструментов одновременно. Контроль положения реализован по двум направлениям: продольное перемещение инструмента и вращение инструмента вокруг собственной оси.

Для отслеживания положения инструментов используются лазерные оптические датчики перемещения. Для обеспечения обратной связи используются цифровые сервомашины с установленными на валу прижимными качалками. Управление создаваемым усилием осуществляется сочетанием текущего положения качалки и момента силы на валу сервомашин. В манипуляторе выделено три разнесенные зоны для контроля положения и реализации силовой обратной связи по каждому из инструментов.

Программное обеспечение тренажера позволяет получать и обрабатывать управляющие воздействия от обучаемого через манипуляторы и другие элементы интерфейсы, формировать визуальную и силовую реакцию на воздействия пользователя. Программная составляющая тренажера включает модули физического моделирования операций, построения рентгеновских изображений, взаимодействия с манипуляторами и управления операцией.

Модуль физического моделирования эндоваскулярных операций обеспечивает полную реализацию модели физического взаимодействия в рамках операционного поля, включая:

- взаимодействие инструментов между собой;
- обнаружение и обработку контактов инструмента с моделью сосудистой системы пациента;
- определение изменений в положении (перемещение) и в геометрии (деформация) эндоваскулярных инструментов;
- обработку дискретных событий, изменяющих состояние физической модели операционного поля;



- расчет положений и сил при взаимодействии инструментов с объектами операционного поля.

Модуль построения изображений обеспечивает полную реалистичную симуляцию изображения, получаемого в ходе операции (см. рис. 1): изображение операционного поля и визуализацию ввода в артерии инструментов и рентгеноконтрастного вещества. При построении рентгеновского изображения используются трехмерные модели операционного поля, визуальные модели инструментов и алгоритмы, позволяющие добиться необходимых визуальных эффектов, моделирующих рентгенографию/скопию и течение жидкости. Модуль физического моделирования предоставляет модулю построения рентгеновских изображений информацию об изменении положения инструментов, топологии и состава объектов операционного поля.

Модуль взаимодействия с манипуляторами обеспечивает обмен информацией с датчиками и сервомашинами, что позволяет определять текущее положение эндоваскулярных инструментов, задавать настройки симуляции оборудования, используемого при операции и настройки построения рентгеновского изображения.

Модуль управления операцией обеспечивает высокоуровневое управление всеми остальными модулями в соответствии с логикой операции, включая:

- отслеживание и регистрация событий, существенных для хода операции;
- отслеживание и регистрация качественных и количественных показателей, используемых для оценки операции;
- запуск на основе первичных событий – вторичных высокоуровневых событий, изменяющих физическую модель операционного поля;
- отслеживание критериев аварийного завершения операции;
- моделирование действий хирурга реализованных за пределами манипуляторов (например, смена инструмента);
- реализация интерфейса управления операцией: старт/прекращение симуляции, смена инструмента, вывод информации о состоянии пациента, подведение итогов.



Рис. 1. Фрагмент изображения, созданного по трехмерной модели артерий человека



Исходными для данного модуля являются данные модуля физического моделирования о событиях взаимодействия инструментов с объектами операционного поля, включая время события, текущий инструмент, объект операционного поля (элемент сосудистой системы), геометрию контакта в локальных координатах объекта и тип взаимодействия.

Модуль управления операцией предоставляет модулю визуализации информацию о дополнительных процессах, требующих визуализации, и параметрах визуализации и команды на начало/паузу/прекращение визуализации с необходимыми параметрами. Также этот модуль позволяет вводить информацию о смене инструментов и данные о дискретных событиях, изменяющих физическую модель операционного поля.

Таким образом, разработанное программное и аппаратное обеспечение тренажера (см. рис. 2) позволяет обеспечить полностью контролируемый процесс симуляции выполнения эндоваскулярных операций, включая оценку результатов. Тренажер был продемонстрирован на 44-ой Международной выставке медицинской индустрии MEDICA 2012 в г. Дюссельдорф в Германии и вызвал большой интерес у медицинского сообщества.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ.



Рис. 2. Внешний вид тренажера для симуляционного обучения эндоваскулярному оперативному вмешательству в рамках АПК «Виртуальный хирург»



Литература

1. Филимонов В.С., Талибов О.Б., Вёрткин А.Л. Эффективность симуляционной технологии обучения врачей по ведению пациентов в критических ситуациях // Врач скорой помощи, 2010. – № 6. – с. 9 – 19
2. Колсанов А.В., Юнусов Р.Р., Яремин Б.И., Чаплыгин С.С., Воронин А.С., Грачев Б.Д., Дубинин А.А., Назарян А.К. Разработка и внедрение современных медицинских технологий в систему медицинского образования // Врач-аспирант, 2012. – № 2.4 (51). – с. 584 – 588

М.М. Запольская, Л.В. Ивлиева, Е.С. Лукьянова

КОМПЛЕКСНАЯ МЕДИЦИНСКАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВРАЧЕЙ УЗКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Стремительное развитие информационных технологий привело к появлению различных медицинских информационных систем (МИС) и их активному внедрению в работу лечебно-профилактических учреждений. Обследование пациента - процесс долгий и дорогостоящий, правильная постановка диагноза предполагает проведение исследований по нескольким десяткам различных параметров, поэтому необходимо обеспечить информационную поддержку врачебной деятельности на всех этапах: от создания медицинской карты пациента, ввода данных о результатах обследования до формирования необходимой медицинской документации.

Система разработана по заказу сотрудников клиники госпитальной хирургии Самарского государственного медицинского университета, в ней реализованы уникальные методики обследования и лечения пациентов, страдающих заболеваниями венозной и лимфатической систем. *Актуальность решения* проблемы определяется высокой распространенностью такого рода заболеваний, они часто приводят к инвалидизации, это определяет их *социальную значимость*. На рисунке 1 приведена структура системы, в ее состав входят несколько подсистем, в том числе АРМ врача-флеболога и АРМ врача-лимфолога, которые позволяют автоматизировать процесс обследования пациентов.

Обследования пациентов с заболеваниями венозной системы проводятся по трем уровням:

- 1) данные макрорегемодинамических показателей;
- 2) данные о работе мышечно-венозной помпы;
- 3) показатели функционального состояния глубоких вен.

Каждый параметр характеризуется набором числовых показателей (среднее значение или норма, допустимое отклонение от нормы), по которым можно сделать вывод о стадии заболевания. Кроме обработки объективных данных, в



системе предусмотрена возможность работы с субъективными данными, которые формируются на основе анализа самостоятельной работы пациентов с предлагаемыми опросными листами по оценке качества их жизни. Формат опросных листов фиксирован – в качестве него используется международный стандарт CIVIQ, содержащий 20 вопросов. Результаты всех опросов обрабатываются системой и хранятся в базе данных.

К параметрам, по которым ведется обследование пациентов с заболеваниями лимфатической системы, относятся:

- 1) линейные размеры лимфатических узлов;
- 2) показатели цитокинов сыворотки крови;
- 3) функциональная электронейромиография.

Обследования проводятся в три этапа (по уровням), в зависимости от значений показателей система выясняет стадию заболевания и выдает рекомендации по методу лечения (консервативное или оперативное).

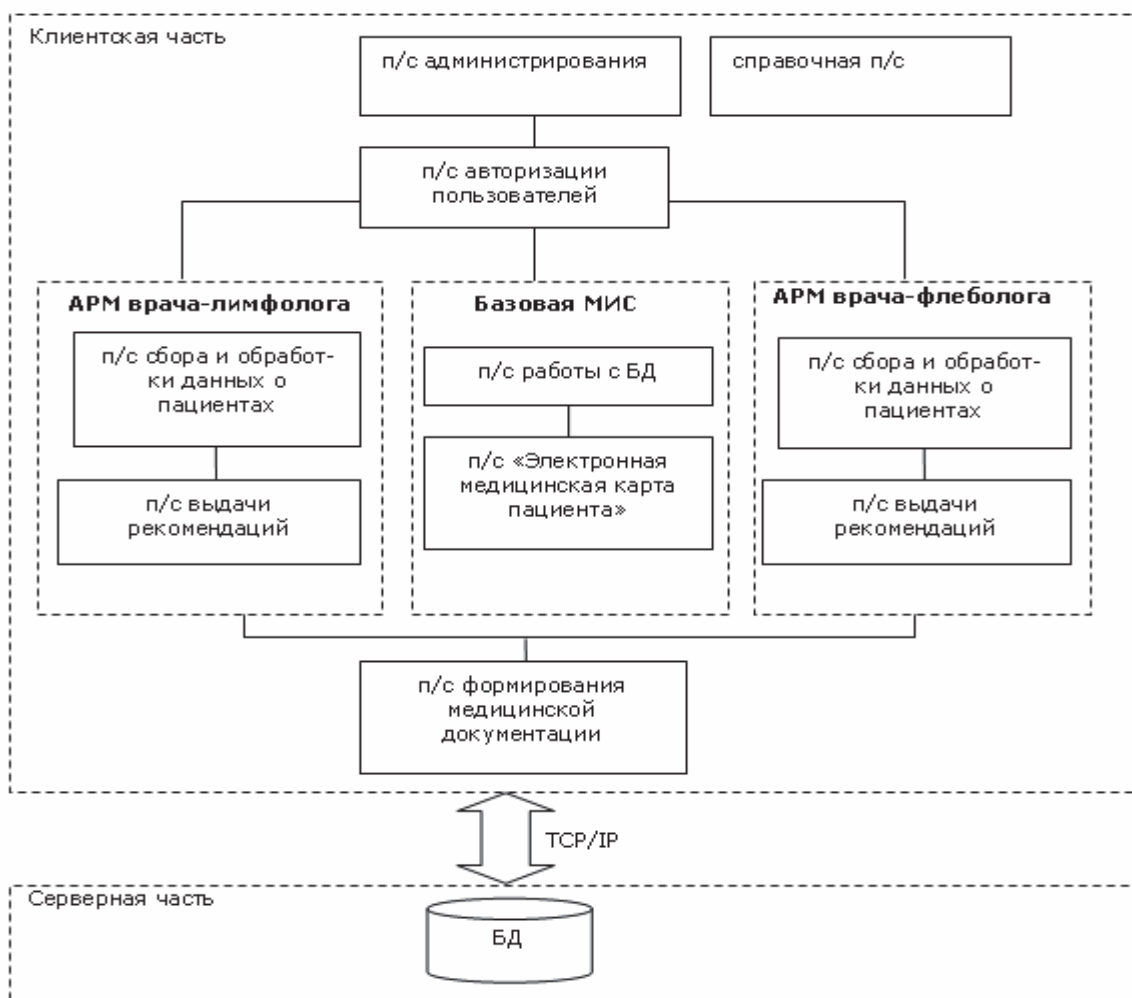


Рис. 1. Структура комплексной медицинской информационной системы

Результаты сбора и обработки данных для каждой из подсистем представляются в процентном отношении, а также в графическом формате (в виде круговой диаграммы). Система выдает текстовые рекомендации по лечению, которые при необходимости можно экспортировать в MS Word.



Разработанная система позволила автоматизировать деятельность врачей, значительно сократив объем бумажной работы. Определение стадии заболевания и выдача рекомендаций дает возможность быстро анализировать результаты проведенных обследований и принимать верное решение о тактике лечения. Разработанная система находится в опытной эксплуатации в клиниках Самарского государственного медицинского университета.

Дальнейшие перспективы развития: 1) введение в систему АРМ для врачей других специальностей; 2) перенос системы в Интернет - реализация системы в виде web-приложения, это позволит обеспечить постоянный доступ к ней и увеличить количество пользователей; 3) интеграция системы с другими информационными системами клиник СамМГУ.

А.В. Кузьмин, Н.Ю. Митрохина

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК МОДЕЛИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ СЕРДЦА

(ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет»)

Одним из ключевых параметров моделей электрической активности сердца (ЭАС) является геометрическая модель сердца, используемая в качестве основы. Однако геометрические параметры таких моделей обычно достаиваются в лучшем случае второстепенного внимания, а чаще всего задача сводится к использованию какой-либо простой геометрической фигуры.

Модели эквивалентного электрического генератора сердца широко используются в исследованиях его электрического поля. Одной из наиболее применимых в области диагностики является монодипольная модель эквивалентного электрического генератора.

Однако, по мнению авторов, при представлении сердца в виде одиночного диполя не всегда удастся охарактеризовать границы и степень поражения сердечной мышцы при решении задач диагностики.

Другим возможным подходом является представление сердца в виде многодипольного эквивалентного электрического генератора, характеристики которого отражают электрическое состояние сердца. Другим возможным подходом является представление сердца в виде многодипольного эквивалентного электрического генератора, характеристики которого отражают электрическое состояние сердца.

Согласно многодипольной модели сердце состоит из конечного числа диполей, фиксированных в определенных точках миокарда и сохраняющих ориентацию вектора момента (обычно по нормали к участку поверхности сердца), но изменяющих во время кардиоцикла свою величину. Каждый из этих диполей отражает суммарную электрическую активность данного участка

сердца.

В этом случае на первый план выходят геометрические характеристики модели сердца, так как геометрическое место точек – элементарных генераторов, направления нормалей в этих точках напрямую влияют на результаты моделирования.

Классически геометрическая модель сердца рассматривается как шар или эллипсоид [1], однако такое упрощение, по мнению авторов, может негативно сказываться на результатах моделирования.

В своих исследованиях [2] авторы использовали трехмерную модель сердца, включающую 816 точек поверхности [3]. Ее изображение с нормальными векторами в каждой вершине приведено на рисунке 1. В данных работах тело человека рассматривается как изотропная и однородная среда с удельным сопротивлением $\rho = 4,63 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ (согласно данным Раши с соавторами [4]).

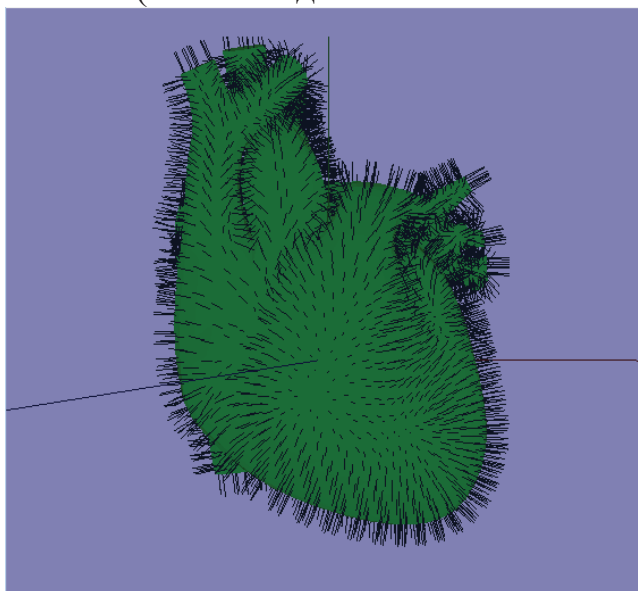


Рис. 1. Геометрическая модель сердца

По сути, процесс моделирования ЭАС заключается в решении обратной задачи электрокардиографии [5] с ограничениями и разбивается на четыре главные составные части [6, 7]:

- выбор модели сердца как генератора электрического тока;
- выбор модели тела как проводника электрического тока;
- метод выражения потенциалов, измеренных на поверхности испытуемого, через переменные параметры модели («прямая задача»);
- определение характеристик модели сердце-тело («обратная задача»).

При этом модель сердце – тело есть простое объединение двух геометрических моделей: сердца и торса. Изображение такой модели представлено на рисунке 2. Точки поверхности, для которых предполагается синтез электрокардиосигнала, располагаются на поверхности модели. Однако эксперименты с одной моделью не дают четкого ответа на вопрос о степени влияния геометрических характеристик модели сердца на результаты моделирования электрической активности.



Рис. 2. Геометрическая модель торса и сердца

Для решения этой задачи авторами разработан ряд трехмерных моделей простых геометрических фигур для использования в качестве геометрической модели сердца при моделировании его электрической активности.

Среди этих фигур: пирамида, усеченная пирамида, куб, пара пирамид (совмещенных основаниями), пара усеченных пирамид (совмещенных основаниями), пара пирамид (совмещенных вершинами).

Полученные фигуры приведены на рисунке 3. Точки поверхности каждой фигуры соединены ломаной линией.

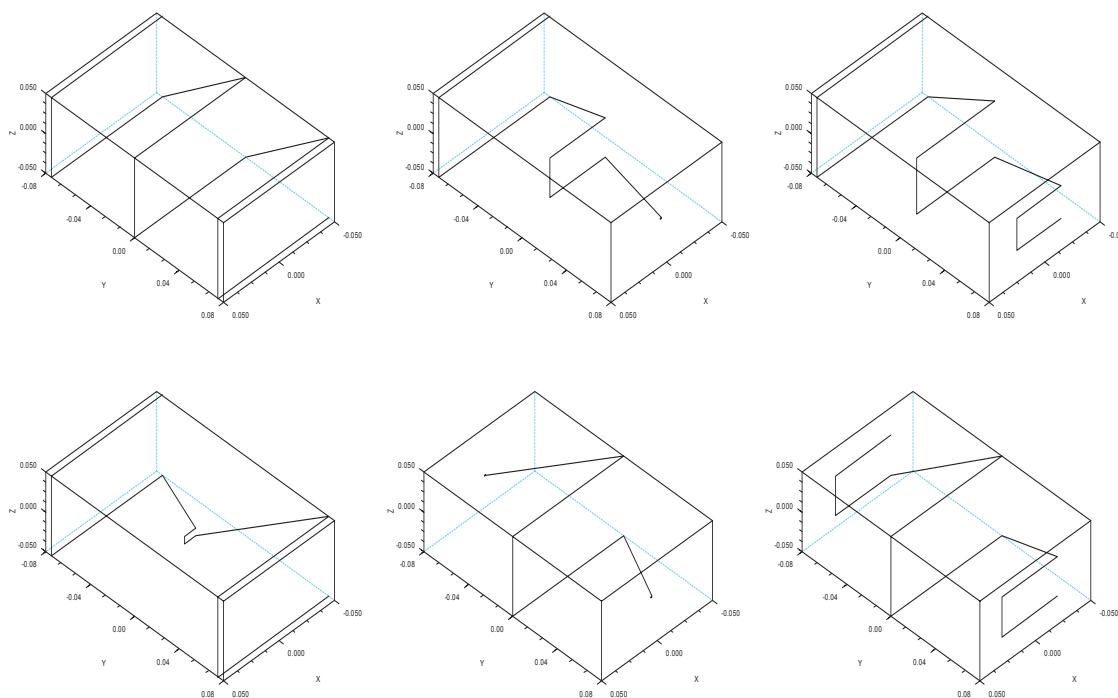


Рис. 3. Геометрические модели простых объектов

Форма фигур выбрана такой, чтобы фигуры были как можно более разнообразными, имели разные направления нормалей в точках, так как это имеет большое значение при расчетах электрической активности.



Одной из альтернатив к конструированию моделей топологически разных простых фигур является стохастический подход, когда набор точек генерируется случайным образом внутри определенного пространства. Это ведет, с одной стороны к росту числа возможных фигур, с другой стороны к трудностям обработки такого набора моделей, например таким как: расчет нормалей для точек фигуры, не имеющей аналитического описания, объединение в поверхностные примитивы (в треугольники или четырехугольники), возможность получения разных, но, все же, близких по форме объектов, трудность визуального восприятия случайных фигур.

Размер ограничивающих объемов выбран таким, чтобы он отражал геометрический размер среднего сердца, а число вершин и нормалей было одинаковым и равным 12 (Это необходимый минимум для отражения заданной формы).

Сравнение результатов моделирования ЭАС с использованием таких моделей, имеющих сходную организацию и размеры, позволит сделать обоснованный вывод о степени и характере влияния геометрических характеристик на процесс моделирования ЭАС и выдвинуть обоснованные предложения по выбору геометрических моделей для исследования ЭАС.

Литература

1. Титомир Л. И., Кнеппо П. Математическое моделирование биоэлектрического генератора сердца. – М.: Наука. Физматлит, 1999. – 447 с.
2. Бодин О.Н., Гладкова Е.А., Кузьмин А.В., Митрохина Н.Ю., Мулюкина Л.А. Пат. 2360597 Российская Федерация. Способ определения электрической активности сердца. Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели». – 2009. – № 19
3. Кузьмин А.В., Бодин О.Н., Митрошин А.Н.. Разработка визуальной модели сердца для обучения студентов-медиков. Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2007. – № 2. – с. 3 – 10
4. Rush S., Abildskov J.A., McFree R. Resistivity of brody tissues at low frequencies. Circulation Res., 1963, 12. – pp. 40 – 50
5. Бодин О.Н., Митрохина Н.Ю. Регуляризация решения обратной задачи электрокардиографии в компьютерной диагностической системе «Кардиовид». Мехатроника, Автоматизация, Управление. – 2008. – № 11. – с. 37 – 41
6. Теоретические основы электрокардиологии / Под ред. Нельсона К.В., Гезеловица Д.В.: Пер. с англ. – М.: Медицина, 1979. – 470 с.. ил.
7. Malmivuo J., Plonsey R. Bioelectromagnetism. Principles and applications of bioelectric and biomagnetic fields. – New York and Oxford: OXFORD UNIVERSITY PRESS, 1995



А.Ю. Тычков, А.В. Кузьмин

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ВОПРОСУ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОБНАРУЖЕНИЯ КОНТУРА СЕРДЦА НА ФЛЮОРОГРАФИЧЕСКИХ СНИМКАХ

(ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет»)

Цифровой флюорографический снимок (ФОС) представляет собой изображение органов грудной клетки (легких, сердца и сосудов), полученное в результате сканирования пациента веерным рентгеновским лучом посредством цифрового флюорографа. В настоящее время задача автоматизированной обработки ФОС сложилась в отдельное направление, разветвлённое на множество частных задач, связанных с различными аспектами их обработки: корректировка яркости, контрастности, удаление помех, сегментация, выделение отдельных областей и контуров органов грудной клетки (легких и сердца). Например, информация, полученная в результате точного выделения контура сердца, позволит определить его линейные размеры, геометрическую форму, и, тем самым, реконструировать объемную модель сердца пациента. Современные методы распознавания: метод активных контуров, «шарика», «жука» и преобразование Хафа не позволяют выделить контур сердца без предварительной обработки ФОС.

Авторы предлагают использовать новый математический подход в решении задачи автоматического выделения контура сердца на ФОС, основанного на методе декомпозиции ФОС на эмпирические моды (ДЭМ), последующем его восстановлении (без отдельных эмпирических мод), определении фрактальной размерности восстановленного ФОС и выборе наилучшего результата.

Эмпирические моды – это монокомпонентные составляющие ФОС, модулированные по амплитуде и частоте для каждой строчки и столбца снимка, т.е. их амплитуда и частота меняются во времени. Моды не имеют строгого аналитического описания, но должны удовлетворять двум условиям:

- общее число экстремумов и число пересечений нуля должны отличаться не более чем на единицу;
- среднее значение двух огибающих: верхней, интерполирующей локальные максимумы, и нижней, интерполирующей локальные минимумы, должно быть приближенно равно нулю.

Технология ДЭМ ФОС включает в себя следующие действия:

10. **Определение** локальных экстремумов и минимумов) ФОС $f_j(m_i, n_i)$:

- значение i -го отсчета $f_j(m_i, n_i)$ является локальным максимумом, если выполняется условие $f_j(m_{i-1}, n_{i-1}) < f_j(m_i, n_i) \geq f_j(m_{i+1}, n_{i+1})$;
- значение i -го отсчета $f_j(m_i, n_i)$ является локальным минимумом, если выполняется условие $f_j(m_{i-1}, n_{i-1}) > f_j(m_i, n_i) \leq f_j(m_{i+1}, n_{i+1})$,

где j – шаг декомпозиции,



11. Определение верхней $e_j(m_i, n_i)$ и нижней $g_j(m_i, n_i)$ огибающей ФОС с помощью кубической сплайн-интерполяции по найденным локальным экстремумам $f_j(m_i, n_i)$:

$$e_j(m_i, n_i) = a_e(m_i, n_i)^3 + b_e(m_i, n_i)^2 + c_e(m_i, n_i) + d_e \quad (1),$$

$$g_j(m_i, n_i) = a_n(m_i, n_i)^3 + b_n(m_i, n_i)^2 + c_n(m_i, n_i) + d_n \quad (2),$$

где a_e, b_e, c_e, d_e – коэффициенты для каждого значения i -го отсчета верхних огибающих зашумленного ФОС;

a_n, b_n, c_n, d_n – коэффициенты для каждого значения i -го отсчета верхних огибающих зашумленного ФОС.

12. Вычисление среднего значения огибающих ФОС в соответствии с выражением:

$$h_j(m_i, n_i) = \frac{e_j(m_i, n_i) + g_j(m_i, n_i)}{2} \quad (3),$$

где $h_j(m_i, n_i)$ – среднее значение огибающих зашумленного ФОС;

$e_j(m_i, n_i)$ и $g_j(m_i, n_i)$ верхняя и нижняя огибающая зашумленного ФОС соответственно.

13. Вычисление остатка ФОС по формуле:

$$s_j(m_i, n_i) = f_j(m_i, n_i) - h_j(m_i, n_i) \quad (4),$$

где $s_j(m_i, n_i)$ – остаток ФОС.

14. Вычисление значения критерия останова. В качестве критерия останова декомпозиции используется значение нормализованной квадратичной разности, определяемое как:

$$SD = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(|f_j(m_i, n_i) - s_j(m_i, n_i)|)^2}{f_j(m_i, n_i)^2} \right] \quad (5),$$

15. Проверка условия останова. На этом этапе осуществляется сравнение значения остатка ФОС со значением нормализованной квадратичной разности. Если:

- $SD > s_j(m_i, n_i)$, то переходят к выполнению действия 1;
- $SD < s_j(m_i, n_i)$ и $h_j(m_i, n_i) > s_j(m_i, n_i)$, то переходят к выполнению следующего действия.

7. Вывод эмпирических мод ФОС. На этом этапе осуществляется вывод мод $m_k(m_i, n_i)$ и остатка $s_j(m_i, n_i)$ ФОС, где k – номер. На рис. 1 (а, б, в, г, д) и 2 (а, б, в, г, д) приведены результаты разложения фронтального и левобокowego ФОС на составные части – набор эмпирических мод ФОС (а, б, в, г) и остаток – глобальный тренд ФОС (д). Представленные на фигуре 1 и 2 эмпирические моды получены путем применения метода ДЭМ последовательно для каждого изображения, начиная с исходного флюорографического снимка, соответственно во фронтальной и левобоковой проекции. Из каждого флюорографического снимка получена первая мода (см. рис. 1а и 2а), а из нее получена следующая (см. рис. 1б и 2б) и так далее.

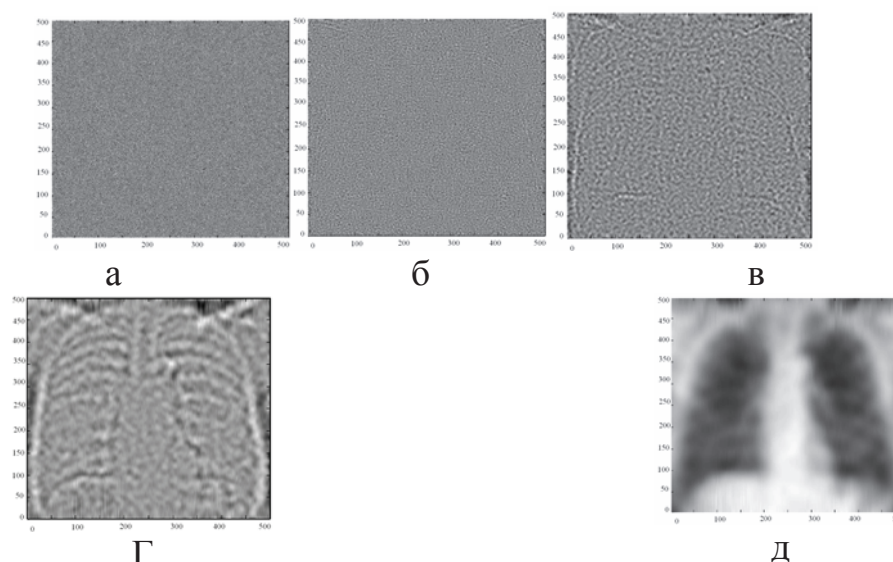


Рис. 1. Результат декомпозиции фронтального ФОС

Каждая эмпирическая мода, представленная на рис. 1 и 2 получена путем разложения ей предыдущей. Частотные составляющие снимков представленных на фигуре 3д и 4д, являются глобальными трендами ФОС и дальнейшему разложению не подлежат. Глобальный тренд представляет собой монотонную функцию, которая не может быть разложена далее на моды, согласно условиям декомпозиции сигнала на эмпирические моды.

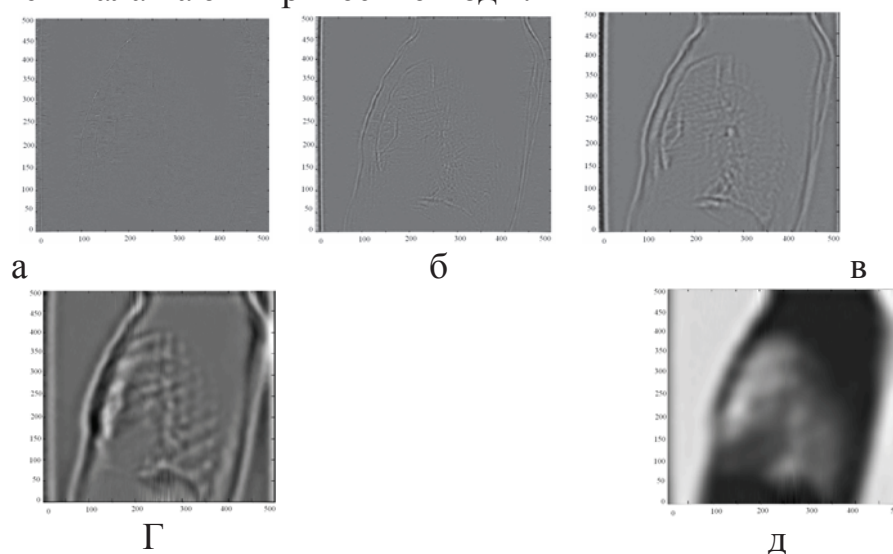


Рис. 2. Результат декомпозиции левобокowego ФОС

На этом этапе восстановления ФОС осуществляется восстановление флюорографических снимков путем суммирования отдельных эмпирических мод $m_k(m_i, n_i)$. Целью этапа «Восстановление ФОС» является получение ФОС с явными текстурными различиями в области сердца относительно других органов, чтобы в перспективе, применяя методы текстурной сегментации и ряд других нехитрых методов обработки изображений выделить контур сердца на снимках и построить объемную модель сердца. Приведение изображения к определенной зернистости позволит выделить на снимке различные участки, в том числе и область сердца.



Результат восстановления фронтального и левобокового ФОС путем суммирования отдельных эмпирических мод приведен на рис. 3 (а, б) соответственно. Суммирование третьей и четвертой моды дает наиболее качественную картину изменения текстуры сердца относительно других органов грудной клетки на снимке.

Критерием суммирования третьей и четвертой является однородная мелкозернистая текстура снимка, которая позволяет выделить границы сердца и отделить его от других органов на снимке путем применения методов распознавания. Зернистость снимка определяется путем расчета фрактальной размерности всего ФОС, как левобокового, так и фронтального.

Фрактальная размерность ФОС рассчитывается следующим образом. Сначала производится преобразование снимка, с градацией серого цвета в черно-белое изображение, накладывалась сетка с квадратной ячейкой размером 1х1 пиксель, и подсчитывалось число клеток, в которые попадает наш фрактал, а именно участки только черного цвета. Затем определяется зависимость количества ячеек, занятых черными или белыми пикселями, от размера ячейки, т.е. определяется фрактальная размерность ФОС по следующей формуле:

$$D = \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{\ln N}{\ln(1/\varepsilon)} \quad (6),$$

где D – фрактальная размерность;

N – минимальное число квадратных ячеек, которые полностью покрывают фрактальное множество, т.е. участок только черного цвета;

ε – длина стороны квадратной ячейки сетки квадратного участка, равная 1.

N может изменяться от 1 до 500, так как количество ячеек перекрывающих участок черного цвета находится в зависимости от текстуры снимка, при условии, что сторона одной квадратной ячейки вписанной равна 1 пиксель, при разрешении снимка 500х500 пикселей.

Согласно изображениям, имеющим только черный цвет, фрактальная размерность будет равна 2, т.е. совпадать с топологической размерностью плоскости изображения, а для участка на снимке, в котором имеется только белый цвет, фрактальная размерность будет равна 1. Для участка на снимке, имеющего градацию черного и белого цвета фрактальная размерность будет дробной, и варьироваться в пределах от 1 до 2, как и в случае с флюорографическим снимком.

Значение фрактальной размерности для черно-белого изображения находится в интервале от 1 до 2. Для изображения имеющего градацию как крупных, так и мелких зерен черного цвета фрактальная размерность будет находиться в интервале от 1,4 до 1,6.

Таким образом, технический результат, достигаемый при реализации предложенной математической инновации, позволит использовать ее в дальнейшем исследовании для выделения контура сердца и построения компьютерной модели сердца пациента.



С.А. Прохоров, И.М. Куликовских, Н.С. Филиппова

О НЕКОТОРЫХ АЛГОРИТМАХ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ФОТОПЛЕТИЗМОГРАФИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

При решении прикладных задач часто требуется получение диагностических параметров исследуемой системы для принятия решения. В последнее время все большую популярность обретают системы интеллектуального анализа данных, которые не только позволяют получить диагностические показатели, но и упростить задачу принятия решения на основе полученных результатов.

Особое внимание уделяется решению прикладных диагностических задач, связанных с медициной, так, например, сердечно-сосудистая система с большой точностью отражает состояние регулярных процессов в организме человека. Оценка ее показателей, в частности фотоплетизмографического сигнала, предоставляет ценную информацию для диагностики, прогнозирования, лечения и предупреждения болезней [1].

При обработке и анализе фотоплетизмографических сигналов возникают новые задачи, требующие выявления из сигнала таких знаний, которые простыми традиционными ранее используемыми формализованными приемами извлечь не удастся. Одной из таких задач является определение биологического возраста человека. Для решения подобной задачи необходимо поставить частную задачу: диагностика обследуемого с проверкой соответствия реального возраста и биологического.

На основе поставленной задачи была разработана модель:

$$Q = \{0,1\}, Q = F(A_f, A_b / B, C, D), \quad (1)$$

где A_f – фактический возраст обследуемого; A_b – биологический возраст обследуемого; B – исходные данные, в виде фотоплетизмографического сигнала; C – алгоритмы для анализа исходных данных; D – вектор анализируемых параметров; F – оператор сравнения операндов A_f и A_b .

Рассмотрим алгоритмы C анализа исходных данных B для получения вектора анализируемых параметров D . Основой математического аппарата предлагаемых алгоритмов является метод ортогональных разложений частотно-временных характеристик в базисе Лагерра, что объясняется рядом преимуществ, связанных с простотой определения базовых характеристик [2].

Модель корреляционной функции сигнала представима в виде

$$\hat{\rho}_m(\tau) = \sum_{k=0}^m \beta_k L_k(\tau, \gamma); \quad \beta_k = \gamma \int_0^{\infty} \rho(\tau) L_k(\tau, \gamma) d\tau; \quad (2)$$
$$L_k(\tau, \gamma) = \sum_{s=0}^k C_k^s \frac{(-\gamma\tau)^s}{s!} \exp(-\gamma\tau/2).$$



По параметрам аппроксимирующего выражения (2) пересчитывается спектр сигнала

$$\hat{S}_a(\omega) = \frac{\cos \varphi(\omega)}{\gamma \pi} \sum_{k=0}^m \beta_k (-1)^k \cos((2k+1)\varphi(\omega)); \quad \varphi(\omega) = \arctg\left(\frac{2\omega}{\gamma}\right). \quad (3)$$

По моделям (2), (3) определяются обобщенные спектральные характеристики, которые входят в состав операнда D .

Проанализируем тестовый набор сигналов с известными значениями A_f , состоящий из набора фотоплетизмограмм для молодых и возрастных обследуемых. На основе проведенного анализа определим характерные параметры для последующей классификации обследуемых на возрастные группы с сопоставлением расчетного биологического возраста с фактическим. Результаты анализа тестового набора приведены на рис. 1.

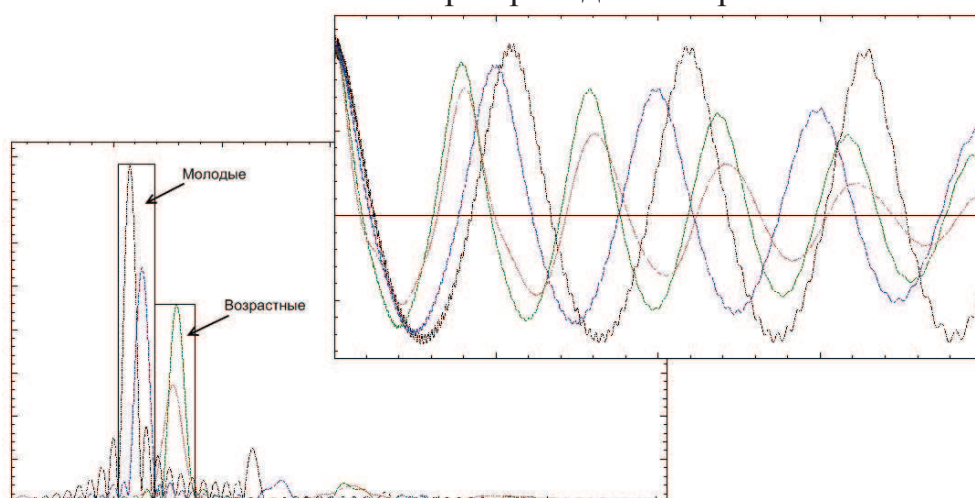


Рис.1. Результат частотно-временного анализа тестового набора

После определения квалификационных параметров перейдем к решению более общей задачи. Проведем анализ произвольного набора фотоплетизмограмм и по набору выделенных признаков произведем разбиение на возрастные группы в соответствии с биологическим возрастом. Результаты разбиения представлены на рис. 2.

Для решения поставленной задачи был создан программный комплекс, реализующий представленные в работе модели и алгоритмы. Ниже приведена экранная форма программного продукта с подсистемой спектрального анализа.

Следует отметить, что разработанный комплекс программ может применяться для решения прочих задач с определением квалификационных признаков и последующей классификацией.



Рис.2. Классификация фотоплетизмограмм по возрастным группам

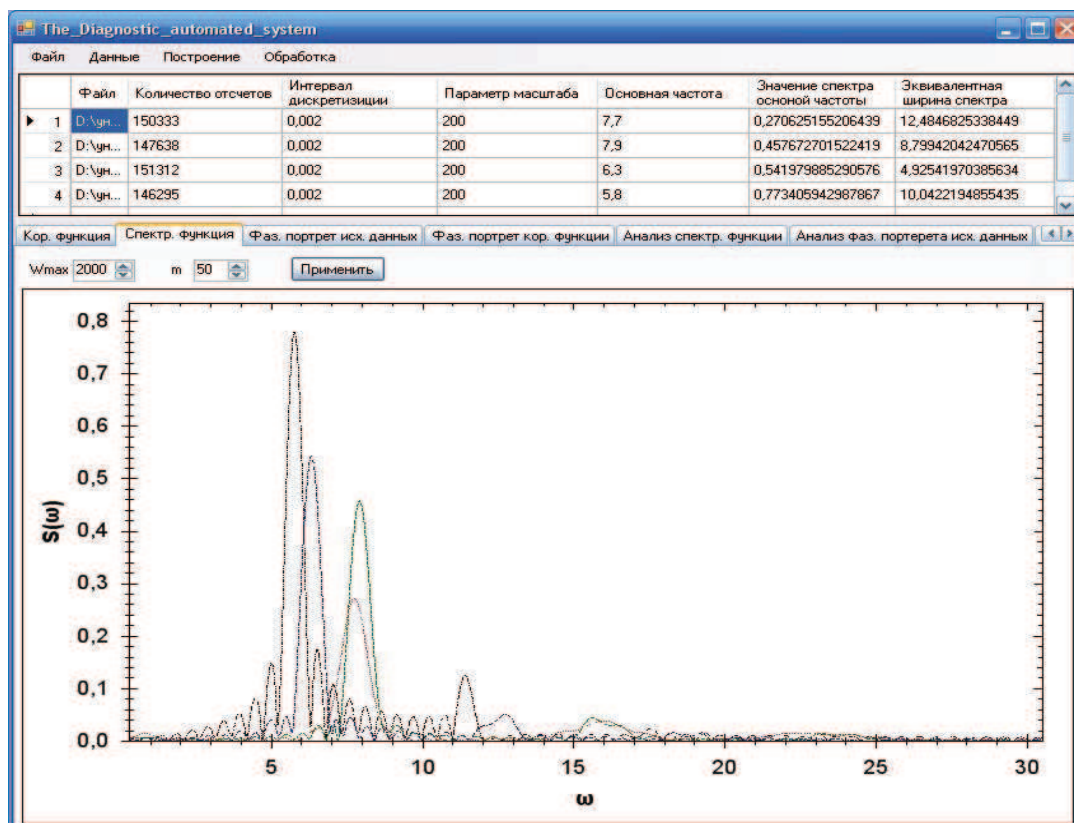


Рис. 3. Экранная форма спектрального анализа программного комплекса

Литература

5. Калакутский Л.И., Манелис Э.С. Аппаратура и методы клинического мониторинга: учеб. пособие. – М: Высш. шк., 2004. – 156 с.
6. Прикладной анализ случайных процессов/под ред. Прохорова С.А. – Самара: СНЦ РАН, 2007. – 582 с.

О.П. Солдатова, А.М. Котова, И.В. Моисеева

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОСЛОЙНОГО ПЕРСЕПТРОНА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ ПАЦИЕНТОВ ПРИ ЛЕЧЕНИИ МЕТОДАМИ ЭКО

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

В современном мире оказание медицинских услуг не обходится без применения информационных технологий. Во многих отраслях медицины используется обработка большого количества различных данных о пациентах, которые часто невозможно систематизировать. Решением данной проблемы является либо использование различных технологий для извлечения закономерностей из большого набора данных, либо использование знаний квалифицированных специалистов в системах искусственного интеллекта, таких как экспертные или нейросетевые системы. Авторами исследуются



возможности нейронной сети типа многослойный персептрон для решения задачи классификации пациентов по типам протоколов лечения методами ЭКО.

Актуальность поставленной задачи можно описать следующим образом:

- репродуктивные центры нуждаются в системах, реализующих поддержку принятия решений при назначении лечения;
- инструментальные средства, которыми пользуются врачи, не удовлетворяют всех потребностей;
- применение современных информационных технологий может обеспечить создание полноценной системы, которая будет способна удовлетворить данные потребности.

Методы ЭКО используют три типа протокола лечения: длинный, короткий и короткий с антагонистами. Они существенно отличаются длительностью лечения, днями начала стимуляции, пункций. Также при разных протоколах варьируются препараты, принимаемые пациентами. Конкретный вид протокола выбирается врачом в соответствии с некоторыми правилами, чаще всего интуитивно. Для того, чтобы помочь врачу принять правильное решение, авторы доклада предлагают использовать реальные данные о пациентах и протоколах лечения для обучения нейронной сети.

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. В многослойном персептроне, как правило, используются сигмоидальные нейроны. Структура многослойного персептрона с двумя скрытыми слоями представлена на рисунке 1 [1].

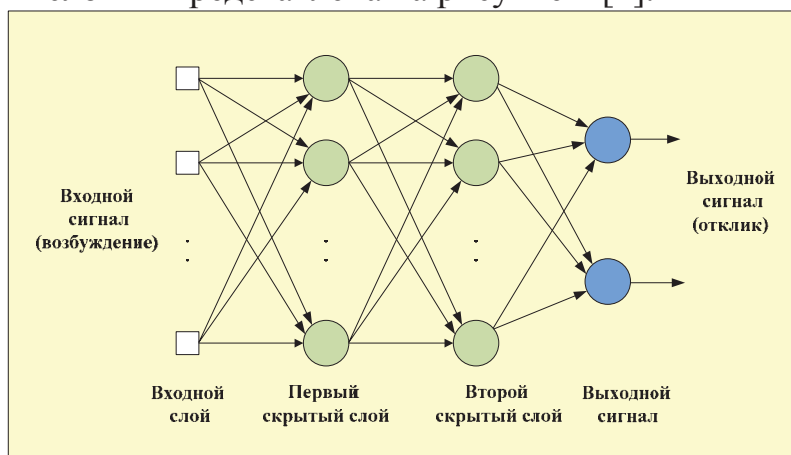


Рис. 1. Многослойный персептрон

Функционирование сигмоидального нейрона можно описать парой уравнений (1) и (2) [1].



$$u_k = \sum_{j=1}^N w_{kj} x_j, \quad (1)$$

$$y_k = \varphi(u_k + b_k), \quad (2)$$

где x_j – входные сигналы, w_{kj} – синаптические веса нейронов, u_k – линейная комбинация входных воздействий, φ – функция активации, y_k – выходной сигнал нейрона.

Нейронные сети не программируются в привычном смысле этого слова, они обучаются. Технически обучение заключается в нахождении коэффициентов синаптических связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными и выходными данными, а также обобщать полученные знания. Это значит, что в случае успешного обучения сеть сможет вернуть верный результат на основании данных, которые отсутствовали в обучающей выборке, а также неполных и/или «зашумленных», частично искаженных данных.

Для обучения сети использовались прямая (Incremental) и пакетная (BatchProp) версии градиентного алгоритма наискорейшего спуска с моментом. Для расчёта компонентов вектора градиента использовался алгоритм обратного распространения ошибки [1], в котором на вход сети циклически подаются примеры из множества $\{(x(n), d(n))\}_{n=1}^N$, где d_n – желаемый отклик. Входные данные были предварительно нормализованы таким образом, чтобы среднее значение по всему обучающему множеству было близко к нулю. Это позволило упростить сравнение со среднеквадратическим отклонением (СКО) [1]:

$$e_j(n) = d_j(n) - o_j(n), \quad (3)$$

$$E_{av}(n) = \frac{1}{2N} \sum_{n=1}^N e_j^2(n). \quad (4)$$

После начальной инициализации весов и подачи обучающего примера осуществляется прямой проход сигнала по сети для подсчета индуцированных локальных полей нейронов (5), выходных сигналов (6) и ошибки (3) [1].

$$v_j^{(l)} = \sum_i w_{ji}^{(l)}(n) y_i^{(l-1)}(n), \quad (5)$$

$$y_j^{(l)}(n) = \varphi_j(v_j^{(l)}(n)), \quad (6)$$

$$y_j^{(0)}(n) = x_j(n).$$

Затем осуществляется обратный проход сигнала ошибки для коррекции весов. Локальные градиенты и изменение синаптических весов вычисляются с помощью формул (7) и (8) [1]:

$$\delta_j^{(l)}(n) = \begin{cases} e_j^{(L)}(n) \varphi_j'(v_j^{(L)}(n)) \\ \varphi_j'(v_j^{(l)}(n)) \sum_k \delta_k^{(l+1)}(n) \delta_{kj}^{(l+1)}(n) \end{cases}, \quad (7)$$

$$w_{ji}^{(l)}(n+1) = w_{ji}^{(l)}(n) + \alpha[w_{ji}^{(l)}(n-1)] + \eta \delta_j^{(l)}(n) y_i^{(l-1)}(n), \quad (8)$$



где α – коэффициент момента, η – коэффициент скорости обучения, ϕ_j' – обозначает дифференцирование по аргументу функции активации. Критерием останова обучения является достижение заданной погрешности.

Также для обучения нейронной сети были реализованы два эвристических алгоритма: RProp и QuickProp [2].

Авторами разработана автоматизированная система классификации пациентов по протоколам лечения. Для обучения использовались данные пациентов, уже прошедших лечение в ГБУЗ СО «Клинический центр клеточных технологий».

В процессе экспериментальных исследований были определены оптимальные параметры сети: число входных и выходных нейронов, число нейронов в скрытых слоях, число скрытых слоев, а так же параметры обучения – коэффициентов момента и обучения. Была исследована 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 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 $\eta = 0,8$; 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
Incremental	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.

Результаты исследований зависимости СКО тестирования сети от вида функции активации нейронов скрытого слоя представлены в таблице 4.

В результате проведённых исследований оптимальная конфигурация сети



для эффективного решения поставленной задачи классификации оказалась следующая: во входном слое – 5 нейронов, в скрытом – 11, в выходном – 3, коэффициент обучения – 0.8, алгоритм пакетного обучения BatchProp, функция активации скрытых нейронов – Эллиота.

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

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

Литература

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс.- М.: Вильямс, 2006. – 1104 с.
2. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации / Пер. с польского И.Д. Рудинского. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.



МЕТОДИКА ОБУЧЕНИЯ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ ПРОГРАММЫ

К.В. Белов, Д.В. Богданов

ОРГАНИЗАЦИЯ СЕТЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ВИРТУАЛЬНОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Вступление человека в информационный век ознаменовало для него начало развития технологий, позволяющих вне пространства и времени общение с другими людьми и различного рода взаимодействия с умными машинами, названными столь знакомым (а современному поколению знакомым уже с детства) словом «компьютер». По сети интернет преодолевают за нас невообразимые расстояния наши голоса, мысли, запечатленные таланты и моменты жизни.

Однако, с их развитием и внедрением в повседневную жизнь, а потому непосредственно и в образование, живущему в данную эпоху лицу восприятие большого потока информации дается с трудом, а порой не дается совсем, так как требует основательной систематизации знаний, что по силам только очень усидчивому человеку. Для решения этой проблемы стали разрабатываться способы её усвоения, в том числе и современные мультимедийные технологии, что уже зарекомендовали себя и используются всё чаще и чаще. Одна из таких – виртуальные миры, в основе которой лежит реалистичная трехмерная графика и анимация.

На кафедре программных систем СГАУ коллективом студентов под руководством доцента Зеленко Л. С. разрабатывается виртуальная обучающая система (ВОС), в которой данная технология была реализована и позволяет ученику, студенту и другим заинтересованным лицам в игровой форме осваивать учебные курсы. Погружение в виртуальную реальность и возможность соприкоснуться с областью необходимых ему знаний, взаимодействуя с объектами искусственно созданного информационного мира, должны способствовать, по мнению разработчиков, вовлечению учащихся в активный процесс обучения, а также устойчивому отложению в памяти только что изученных фактов.

Исследователи этого мира – пользователи ВОС, погружаются в благоприятную для освоения материала игровую атмосферу при помощи аватара – трехмерного персонажа, который станет своеобразным проводником, гидом в альтернативной реальности, а быть может, даже будет сопоставляться исследователем с самим собой. Таким образом, информация подается систематизированной не в абстрактной форме, а наглядно и воспринимается не одним сплошным потоком текста, формул и картинок, позволяя действующему лицу быть спо-



собным поэтапно подступать к истине, видя достижимую цель, количество проделанной работы, имея свободу выбора подхода и запоминая проделанный к ней путь.

Интеграция интуитивной простоты и интеллектуальности системы обучения способствует эффективному освоению различных дисциплин и успешной сдаче экзаменов, однако помимо уже существующих разработок, встал вопрос о повышении уровня интереса к ВОС и увеличении возможностей исследователя, обеспечив ему взаимодействие с другими участниками учебного процесса (пользователя системы), - создание подсистемы сетевого взаимодействия.

Важность совместного обучения обусловлена прежде всего потребностью человека в общении, его введение в систему позволит обучаемому получать помощь от других пользователей системы по учебным материалам, которые вызвали наибольшие затруднения при изучении и освоении; обмениваться предметами или просто обсудить только что пройденный материал. Кроме того, часть заданий требует командного решения, в этом случае обмен оперативной информацией поможет сократить время решения и повысит эффективность обучения. В популярности и эффективности такого подхода мы можем убедиться, рассматривая столь распространенные сейчас online-игры. Человек социален, он видит других игроков, их успехи или поражения, общается с ними и тем самым мотивируется на дальнейшие успехи и достижения.

Подсистема сетевого взаимодействия также может помочь и в преподавательской деятельности, режим командной работы пробудит больший интерес к предмету со стороны пользователей системы. Молчаливое прохождение курса гораздо менее эффективно, чем командная деятельность в борьбе за получение нужной информации. Подсистема решит ряд проблем: повысит общий интерес учащихся ко всей системе за счет возможности общения, мотивирует ученика на активное усвоение учебного материала, поможет с освоением самой системы, а также поможет преподавателям контролировать процесс преподавания и полученные знания.

Подсистема сетевого взаимодействия разрабатывается на языке C# с применением технологий ASP.NET и сетевого API движка Unity3D, она будет интегрирована в общее информационное пространство виртуальной обучающей системы.

Н. В. Еременко, Л.С. Зеленко

АДАПТИВНЫЙ ТРЕНАЖЕР ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ УЧЕНИКОВ МЛАДШЕЙ И СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ ОСНОВАМ АЛГОРИТМИЗАЦИИ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Одной из наиболее актуальных проблем XXI века являются нехватка квалифицированных специалистов в области информационных технологий, свя-



занная с быстрым старением умений и знаний, получаемых в учебных заведениях. На практике эти проблемы позволяет успешно решать дистанционное обучение - одним из его преимуществ является возможность адаптивного представления учебных материалов и задач.

Разрабатываемый адаптивный виртуальный тренажер относится к логическим играм, развивающим аналитическое и алгоритмическое мышление. На данном этапе тренажер реализован в виде игровой многоуровневой программы и представляет собой web-приложение, поэтому обучение может проводиться дистанционно, для работы достаточно лишь подключения к сети Интернет. Тренажер дает возможность школьникам изучать и использовать на практике различные операторы, а также циклические конструкции, функции, рекурсию, ветвление.

Тренажер универсален относительно первоначальных знаний и навыков обучаемого. Основной персонаж системы - колобок-робот, который может выполнять различные команды: двигаться вперед, повернуться, подняться на ступеньку вверх, спуститься на ступеньку вниз, проглотить точку и т.д. Задача обучаемого - составить программу (алгоритм действий) так, чтобы колобок в ходе ее выполнения собрал все желтые точки с игрового поля. Все команды выполнены в виде графических примитивов (см. рисунок 1), программа составляется путем перетаскивания мышью в свободные ячейки программного блока, поэтому школьнику не нужно знать синтаксис команды, а только логику ее выполнения.

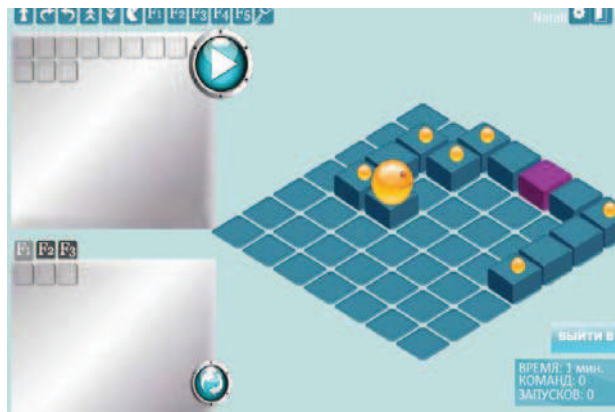


Рис.1. Экранная форма приложения в режиме решения задачи

Учебные задания составляет преподаватель, сложность которых нарастается от уровня к уровню путем изменения параметров, таких как: размеры игрового поля, начальная позиция исполнителя (робота-колобка) и других объектов на нем, уровень высоты для каждой его клетки, список доступных ученику управляющих команд, размеры программных блоков и т.д. Кроме этого преподаватель может создавать и изменять список групп уровней игры; список уровней для каждой группы, автоматически генерировать задания в соответствии с предварительно заданными параметрами. Все задания сохраняются в базе данных на сервере, также как результаты обучения, обмен данными осуществляется через php-скрипты. Программное обеспечение реализовано с помощью технологии Adobe Flash на языке Action Script 2.0.



С помощью данной системы преподаватель может легко отслеживать и выстраивать индивидуальную траекторию обучения, корректируя уровень сложности заданий. Для того чтобы сократить трудоемкость составления последовательности заданий, в тренажер будет включена интеллектуальная составляющая.

Перечень задач, которые должен решать разрабатываемый адаптивный игровой тренажер:

- 1) интерактивная помощь в процессе решения задач - данная технология предоставит обучаемому помощь на каждом шаге решения задачи (от оповещения о неправильно сделанном шаге до выдачи совета);
- 2) интеллектуальный анализ получаемого решения задачи, который позволит оценить, готов ли обучаемый перейти к решению более сложных задач;
- 3) автоматическое построение последовательности курса обучения. Система должна обеспечить обучаемого индивидуально спланированной последовательностью заданий (на основе данных о результатах уже пройденных игровых уровней);
- 4) введение в систему режима «Соревнование», который позволит стимулировать познавательную активность обучаемого.

Разрабатываемый тренажер станет удобным инструментом для проведения урока информатики в общеобразовательных школах, причем он может использоваться в учебном процессе как средней, так и младшей школы. Система будет внедрена в учебный процесс школы информатики СГАУ.

Л.С. Зеленко, Д.А. Загуменнов, А.О. Зинченко,
К.В. Белов, И.О. Петрухин, И.Ф. Халитов

ВИРТУАЛЬНАЯ ОБУЧАЮЩАЯ СИСТЕМА, ОСНОВАННАЯ НА ТЕХНОЛОГИИ ВИРТУАЛЬНЫХ МИРОВ, КАК СОСТАВНАЯ ЧАСТЬ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ШКОЛЫ ИНФОРМАТИКИ СГАУ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Значительные успехи, достигнутые в последние годы в области информационных и телекоммуникационных технологий, оказали сильное влияние на развитие дистанционного обучения, которое признано перспективной образовательной технологией во всех формах обучения (очной, очно-заочной, заочной) системы высшего и непрерывного образования.

Существует несколько форм дистанционного обучения - от простейших, основанных на электронной почте и функционирующих в режиме off-line, до интерактивных, использующих новейшие информационные технологии в реальном времени (on-line). Дистанционные обучающие системы позволяют гиб-



ко настроить процесс обучения: дают пользователям возможность свободно выбирать время обучения, многократно возвращаться к изучению материала (это особенно важно при изучении больших объемов информации и сложных тем), проверять свои знания путем прохождения тестов и выявлять «слабые места» в подготовке и т.д. Большой эффект в обучении обеспечивают те системы, в которых информация представлена не в традиционном текстовом и/или табличном виде, а в графическом (в том числе объемном) виде. Многочисленные исследования показали, что около 80% информации об окружающем мире человек получает через зрение, а зрение работает тем эффективнее, чем более образный мир оно видит.

Учитывая эти факторы, на кафедре программных систем было принято решение о разработке дистанционной обучающей системы, построенной на технологии виртуальных миров, в создании которой приняли участие и авторы данной работы.

Технология виртуальных миров – это одна из тех технологий, в основе которой лежит реалистичная трехмерная графика. Формирование представления о «виртуальной реальности» – заслуга основателя компьютерной графики Айвена Сазерленда, который в 1965 году на одной из своих лекций говорил, указывая на экран компьютерного монитора: «Не думайте об этом, как об экране монитора, думайте об этом как об окне – окне, через которое каждый может заглянуть в виртуальный мир. Основной задачей компьютерной графики является создание виртуального мира, реально выглядящего, реально звучащего, мира, в котором перемещения и реакции на воздействия происходят в реальном времени, мира, который ощущается реальным».

Виртуальный мир в обучающей системе строится с применением игрового «движка» Unity – на сегодняшний день одного из самых мощных, удобных и бурно развивающихся средств работы с трехмерной графикой. Первый и очень важный шаг в процессе обучения – выбор игрового персонажа (аватара), с которым ассоциирует себя обучаемый и на который проецирует свои личные качества, в дальнейшем он учится и работает вместе с ним. Для представления трехмерного персонажа необходима персонализация, поэтому в системе реализовано несколько аватаров, среди них присутствуют как обычные люди (мужчина и женщина), так и фантастические герои (например, роботы или мифические существа). Внешность людей можно настроить по своему вкусу, выбрав пропорции тела, одежду и ее цвет – процесс, известный среди разработчиков игр как «*кастомизация*» (customization). Обучаемый также может настроить такие характеристики персонажа, как имя, возраст, скорость ходьбы, рост персонажа и другие, позволяющие более точно раскрыть индивидуальность обучаемого.

Для имитации движения персонажей (шаг, бег, прыжок, бездействие) авторами были разработаны специальные модели, основанные на *технологии скелетной анимации*. Данная технология позволяет строить виртуальный скелет и имитирует перемещение костей в человеческом организме. Каждая виртуальная кость отвечает за анимацию своей зоны аватара, этим и обеспечивается его



анимация. На помощь технологии скелетной анимации приходит *технология «Захват движения»* (motion capture), которая позволяет добиться еще более естественного поведения аватара. Данные технологии позволяют в режиме съемки переносить движения реального человека на виртуальный скелет, который затем после необходимой подготовки привязывается к выбранному персонажу.

В виртуальный мир кроме персонажей, управляемых самими пользователями, встроены *неигровые персонажи* (NPC - англ. Non-Player Character), т.е. модели, управляемые компьютером. Они присутствуют в обучающей системе для создания реалистичной обстановки, создают видимость присутствия учителей и обслуживающего персонала, без которых не обходится ни одна реальная школа.

Движение таких персонажей в системе задается с помощью специальных алгоритмов, совмещающих анимацию и перемещение объекта по некоторой траектории, учитывающей структуру виртуального мира: наличие рядом с объектом стен, препятствий и других предметов. Координаты траектории предварительно рассчитываются в системе Unity, на которой построена обучающая система, для каждого NPC разрабатывается отдельный алгоритм, в котором реализованы элементы случайности, благодаря чему модель выглядит естественно. К числу неигровых персонажей также относятся «экскурсоводы» - обучающие персонажи, которые проводят для новичков экскурсии по виртуальному миру. Это возможно за счет набора заранее записанных диалогов, воспроизводимых экскурсоводом при приближении к нему.

Для создания реалистичного окружающего пространства в виртуальных мирах должна быть реализована качественная трехмерная графика, основными составляющими которой являются правильно построенное освещение, красиво подобранные текстуры, различные световые спецэффекты на базе систем полупрозрачных частиц (тени, отражения) и т.п. Поэтому среди технологий, важных для построения виртуального мира, находятся *шейдеры* – небольшие программы, моделирующие сложные визуальные эффекты. С помощью них простой плоской поверхности можно придать объемный вид (кирпичная стена), создать эффект отражения (зеркало), свечения (голографическая панель), пульсации (молния) и многое другое. Все эти эффекты были реализованы в системе с помощью вершинных и пиксельных шейдеров. С их помощью также были улучшены двумерные проекции виртуального мира, которые пользователь видит на экране монитора (размытие, зернистость, сглаживание).

Система является клиент-серверным приложением и требует установки на стороне клиента небольшого плагина, поддерживаемого всеми основными браузерами. Серверная часть написана на языке C# с применением технологии ASP.NET MVC Framework; в качестве СУБД выступает Microsoft SQL Server 2008; для разработки интерфейса сайта используются JavaScript и графическая библиотека ExtJS. Создание и анимация моделей персонажей производится в трехмерном графическом редакторе Blender, который является очень функциональным инструментом для скелетной анимации. Из Blender'a также импортируется сложная геометрия, выходящая за рамки стандартных графических при-



митивов. Для программирования скриптовой логики внутри виртуального мира применяются языки JavaScript и C#. При работе с шейдерами использовался специальный язык ShaderLab.

Авторы надеются, что виртуальная обучающая среда, основанная на трех принципах: обучение внутри трехмерного пространства (виртуального мира), вовлечение пользователей в процесс с помощью игрового подхода, а также интеграция виртуального мира в HTML-страницы сайта, - позволит повысить эффективность процесса обучения.

В настоящее время система проходит опытную эксплуатацию в школе информатики СГАУ при изучении школьниками курса «Информатика». В качестве дальнейших перспектив развития системы стоит отметить следующие:

- 1) добавление экспертных элементов, с помощью которых система сможет адаптироваться под достижения обучаемого и выдавать ему актуальные рекомендации (процесс обучения станет более индивидуальным и интеллектуальным);
- 2) реализация сетевого взаимодействия обучаемых;
- 3) реализация различных визуальных эффектов и поведения аватаров;
- 4) создание места общения (социальной сети) и развлечения для обучаемых, их родственников и др.;
- 5) перенос системы на платформу для мобильных устройств (iPad, iPhone, Android и др.).

Камынин А.В.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

В настоящее время компьютерное моделирование используется в интеллектуальной деятельности человека исключительно широко. Спектр задач, требующих расчёта математических моделей разной сложности, постоянно растёт и соответственно растёт количество методов и средств получения результатов расчётов и исследований. В эти средства входят как специализированное и универсальное программное обеспечение, так и банки данных с уже готовыми результатами. Все вышеперечисленные средства можно разделить на 2 типа:

- настольное ПО, требующее установки на ПК и работающее в автономном режиме;
- удалённые сервисы, представляющие свои услуги посредством сети Интернет.

Настольные системы

Сюда относится программное обеспечение, предоставляющее непосредственную возможность расчётов, такое как Mathcad, MATLAB, Maple.



Mathcad — программа для выполнения и документирования инженерных и научных расчётов. Является мощным математическим пакетом и одновременно довольно дорогостоящим продуктом (последняя версия Mathcad Prime 2.0 на сайте производителя стоит 1490 евро, версия для студентов 100 евро [1]).

MATLAB — термин, относящийся к пакету прикладных программ для решения задач технических вычислений, а также к используемому в этом пакете языку программирования. MATLAB ориентирован на технически подготовленного пользователя, способного разобраться в языке программирования, предоставляемом этим программным продуктом. Кроме того, также является платным (\$99.00 для студентов + стоимость дополнительных модулей [2]).

Maple — программный пакет, система компьютерной алгебры. Система Maple предназначена для символьных вычислений, хотя имеет ряд средств и для численного решения дифференциальных уравнений и нахождения интегралов. Также является платным (\$124.00 для студентов [3]).

Сайты, представляющие результаты компьютерного моделирования

Рассмотрим сайт Национального управления по аэронавтике и исследованию космического пространства (NASA) США [4]. На этом сайте содержится обширная информация, отображающая все аспекты деятельности NASA, от истории развития ракетно-космической техники, включая хронологию полётов в космос и описание наиболее важных из них, до изложения различных космогонических теорий, например, теории Большого Взрыва. На нём приводятся также и некоторые результаты компьютерного моделирования. В частности, представлены данные об атмосфере Марса, полученные решением сложной системы уравнений газовой динамики с учётом протекающих в газе физических процессов.

Сайты, предназначенные для передачи (продажи) программных комплексов компьютерного моделирования

Такие сайты являются торговыми площадками в интернете, предназначенными для коммерциализации законченных научных разработок. Программные комплексы ANSYS, Fluent, и FlowVision содержат компьютерные программы решения задач механики твёрдого тела, аэродинамики и гидродинамики. Наиболее мощным из них является комплекс ANSYS. Отдельные программы этого комплекса широко используются в различных научных и проектных организациях, в том числе и в России. Комплекс Fluent ориентирован на более узкие задачи газовой динамики. Сайт FlowVision представляет отечественные разработки в области газовой динамики, и по ряду параметров уступает выше приведенным программным продуктам.

Сайты, предназначенные для непосредственного компьютерного моделирования в Интернете в режиме дистанционного доступа

Обычно передача вычислительного комплекса заключается в приобретении лицензии, документации и установочных файлов компьютерной программы. В настоящее время приобретает популярность модель предоставления услуг в качестве сервиса (Saas, Software as a Service). Операции с процессорными системами осуществляются пользователем не на собственном компьютере при



установке на нем комплекса, а в режиме дистанционного доступа по Всемирной Сети. Это дает возможность посетителю в режиме реального времени провести изучение вычислительного комплекса, организовать решение интересующей его задачи и получить результаты компьютерных исследований. Такие возможности, пока еще не получившие широкого распространения, предоставляются на сайтах Maple и MatLab. Эти сайты являются большими математическими библиотеками, в которых излагаются практически все разделы математики: алгебра, геометрия, функциональный анализ, дифференциальные уравнения и др. с возможностью их компьютерных иллюстраций.

Следует, однако, отметить, что в настоящее время провести вычислительные операции непосредственно на сайте MatLab не представляется возможным. Требуются некоторые подготовительные действия, в которых используется включенный в состав комплекса инструментарий MatLab Web Server (MWS), предназначенный для организации удаленного сетевого доступа. Взаимодействие MWS с Web-сервером обеспечивает специальный модуль системы MatLab TCP/IP клиент. Такой подход позволяет размещать сам MatLab и Web-сервер в разных точках сети. Поэтому, сайт MatLab пока не является некоторым промежуточным программным инструментарием, поскольку требует от клиента предварительного приобретения, установки на каком-либо сервере и лишь затем — организации локальной сети и использования программ MatLab в режиме дистанционного доступа. Аналогична ситуация и с инструментарием Maple, который также может быть назван промежуточным этапом между традиционной и новой формой распространения программных продуктов.

Стоит рассмотреть программный продукт с открытым исходным кодом Sage [5]. Это система компьютерной алгебры, покрывающая много областей математики, включая алгебру, комбинаторику, вычислительную математику и матанализ. Данная система включает в себя веб-интерфейс, позволяющий производить вычисления удалённо, используя лишь веб-браузер.

Заключение

Современные системы компьютерной алгебры разделяются на два типа: настольные системы, требующие установки на ПК, и веб-сервисы, предоставляющие свои услуги удалённо. Слабыми сторонами настольных систем являются:

- высокая стоимость;
- требовательность к производительности и ресурсам ПК;
- несовместимость файлов разных версий программ;
- сложность организации коллективной работы.

С другой стороны, современные системы компьютерной алгебры и моделирования, предоставляющие свои услуги удалённо, имеют следующие недостатки:

- узкоспециализированный функционал;
- недружественный пользователю интерфейс.

Подводя итоги, можно заключить, что на текущий момент не существует полноценного веб-сервиса, способного предоставлять удалённые услуги систе-



мы компьютерной алгебры и компьютерного моделирования и одновременно платформы для обмена научными знаниями широкому кругу пользователей. Создание такого сервиса может сделать значительно более эффективной индивидуальную и коллективную работу над математическими моделями.

Литература

1. Ptc.com [Электронный ресурс]. – store.ptc.com/store/ptc/DisplayCategoryProductListPage/categoryID.5321800.
2. Mathworks.com [Электронный ресурс]. – www.mathworks.com/store/default.do.
3. Maplesoft.com [Электронный ресурс]. – <https://webstore.maplesoft.com/index.aspx>
4. National Aeronautics and Space Administration [Электронный ресурс]. – www.nasa.gov.
5. Sage [Электронный ресурс]. – sagemath.org/

Конопелькин Д.А., Зинченко А.О., Зеленко Л.С.

РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСТАНЦИОННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ «3DUCATION» НА МОБИЛЬНЫХ ПЛАТФОРМАХ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П.Королева (национальный исследовательский университет)»)

Применение мобильных технологий и устройств, таких как смартфоны, ноутбуки и планшетные компьютеры, в образовательном процессе можно рассматривать как новый этап развития электронного обучения, так как они дают возможность перенести образовательный процесс в обычную аудиторию или класс, изменить формы подачи учебного материала и способы доступа к нему, сделать обучение более индивидуальным и интересным.

В настоящее время 90% мирового населения имеет доступ к мобильным телесистемам, аудитория мобильного интернета растет в 2 раза быстрее аудитории интернета в целом. Поэтому возможности мобильной связи необходимо использовать для улучшения доступа к образовательным ресурсам и для повышения его 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.

В связи с этим разработчиками дистанционной обучающей системы «3Ducation» было принято решение о ее переводе на мобильные платформы. Технология Unity3D, с помощью которой реализован виртуальный мир обучающей системы, является одним из лучших средств создания игрового и 3D-контента. Кроме того, Unity является самым популярным «движком» среди мобильных разработчиков: согласно исследованию, проведенному журналу Game



Developer, в разработке приложений для iOS заинтересованы 94,6% разработчиков и 70,7% - для платформы Android.

Для всех целевых платформ разработчиками Unity представляется профилировщик, с помощью которого можно оптимизировать приложение для заведомо менее производительных мобильных устройств. Платформа сохраняет функциональность приложения и адаптирует использованную графику под различные устройства. Использование датчиков положения и камеры позволяет использовать технологию Augmented Reality. Датчики положения и 3D-графика открывают новые возможности в реализации навигации по виртуальному миру, а сенсорный экран позволяет непосредственно взаимодействовать с объектами виртуального мира.

В настоящее время мобильная версия системы «3Ducation» проходит бета-тестирование и отладку, в ближайшее время она будет запущена в опытную эксплуатацию.

И.А. Кузнецов, А.А. Хмелевских, Л.С. Зеленко

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ШКОЛА ИНФОРМАТИКИ СГАУ»

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Наша жизнь протекает в информационном веке, где одним из основных способов взаимодействия людей является Интернет. Благодаря ему можно получать практически всю необходимую информацию (электронная почта, рассылка SMS-сообщений, поисковые и информационно-поисковые системы, крупные электронные энциклопедии), связываться с людьми, стирая границы и расстояния (видеоконференции, Skype), работать с системами удаленного доступа (дистанционное обучение, электронные платежи, управление счетами и т.п.). Инновации внедряются и в образование: в каждом высшем учебном заведении, колледже, школе сейчас не только оборудованы компьютерные классы, но и эксплуатируются сложнейшие системы, позволяющие как упростить, так и разнообразить процесс обучения. Информационные технологии позволяют автоматизировать процесс контроля над успеваемостью и посещаемостью, способствуют развитию коммуникации между учителем, учеником и его родителями, позволяет удобно и своевременно узнавать о грядущих событиях и т.п.

Целью разработки системы является автоматизированная информационная система, которая позволит автоматизировать деятельность сотрудников школы информатики Самарского государственного аэрокосмического университета (СГАУ). Данная система позволит создать единый информационный ресурс, который объединит всех участников учебного процесса: преподавателей школы, слушателей, которые в ней обучаются, и их родителей. Основные зада-



чи системы - поддержка информации в актуальном состоянии, обеспечение быстрого доступа к ней, а также повышение эффективности учебной и организационной работы школы в целом.

В структуру автоматизированной информационной системы «Школа информатики СГАУ» входят:

1. *Подсистема «Электронный журнал»*, которая выполняет все основные функции по автоматизации процесса ведения успеваемости и посещаемости слушателей, позволяет управлять процессом создания программы занятий. В подсистеме реализованы следующие функции:

- создание (редактирование) занятия с выбором типа занятия, даты проведения, темы, шкалы оценивания (если требуется);
- учет успеваемости и посещаемости, преподавателю (диспетчеру) предоставляется возможность выставления оценок слушателю по выбранной шкале (классической - пятибалльной или произвольной) за выполнение практических заданий и/или тестов, и отметки о присутствии (отсутствии) слушателя на занятии. В подсистеме реализована возможность экспорта журнала в текстовый редактор и редактор pdf файлов;
- ведение статистики по успеваемости и посещаемости с выбором субъекта, для которого формируется статистика (по слушателю, по занятию) – в виде статистических отчетов, экспортируемых в текстовый редактор и редактор pdf файлов, и диаграмм.

2. *Подсистема «Электронный дневник»*, которая предназначена для контроля успеваемости и посещаемости слушателя родителями. Данные по успеваемости слушателя берутся из журнала преподавателя, при этом поддерживается актуальность данных. Так же в подсистеме реализована возможность оставления преподавателем замечаний (рекомендаций) по занятиям, которые будут отображаться при просмотре дневника.

3. *Подсистема оповещений*, которая осуществляет связь персонала школы с учениками и их родителями, предоставляя простой и быстрый доступ к оперативной информации. Подсистема позволяет настраивать оповещения пользователей с использованием сервисов e-mail и SMS, таких как: информация об успеваемости и посещаемости учащихся, задолженности по оплате, информация о предстоящих событиях (контрольные работы, занятия, встречи, родительские собрания и т.д.).

4. *Подсистема напоминаний*, которая представляет собой средство для уведомления пользователей системы и имеет возможность гибкой настройки: преподаватели могут создавать напоминания для отдельных учеников, их родителей и учебных групп в целом (на заданное время с заданным периодом повторения). Преподаватели, слушатели и их родители могут получают сгенерированные автоматически напоминания по расписанию, домашним заданиям, грядущим событиям и т.п.

5. *Подсистема диспетчеризации*, которая позволяет составлять учебный план и расписание занятий, формировать документы и отчёты, создавать и рассылать пользовательские оповещения. В данной подсистеме реализована авто-



матическая генерация документов и отчетов, с дальнейшей возможностью экспорта их в текстовый редактор и редактор pdf файлов. Также реализована функция автоматического заполнения документов-шаблонов значениями полей сущностей, представленных в системе.

6. *Подсистема администрирования*, которая управляет процессом ведения реестра пользователей, их личными данными, поддерживает настройку безопасности системы в виде делегирования прав пользователям, составление справочников баз данных, импорт и экспорт данных. В системе реализована возможность самостоятельной регистрации пользователей, что дает им доступ к функциям системы после прохождения проверки персональных данных диспетчером школы.

Система 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. На данный момент система проходит опытную эксплуатацию на факультете информатики СГАУ, предполагается дальнейшее развитие системы: доработка дизайна системы; расширение функциональности системы; дальнейшее совершенствование подсистем оповещений и диспетчеризации; совершенствование информационных отчетов по результатам обучения.

Е.И. Чигарина, А.М. Семенова

АВТОМАТИЗАЦИЯ НАЗНАЧЕНИЯ СТИПЕНДИИ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНОЙ ПОМОЩИ В АИС «ДЕКАНАТ» ФАКУЛЬТЕТА ИНФОРМАТИКИ СГАУ

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Одной из приоритетных задач системы образования в настоящее время является задача автоматизация управления и поддержания документооборота учебных процессов в высших учебных заведениях. Комплексная автоматизация управления учебным процессом позволяет повысить эффективность управления в высших учебных заведениях, улучшить контроль успеваемости студентов и качество образования в целом, а также снизить временные и материальные затраты на управление. Несмотря на активное внедрение информационных технологий в образовательной сфере, степень автоматизации вузов остается невысокой. Одна из главных причин – большое количество бизнес-процессов и документов, уникальных для каждого ВУЗа.

В СГАУ в последнее время происходит активное внедрение информационных и интернет-технологий, развитие телекоммуникационных сетей. Не обходится этот процесс и деканаты СГАУ, возникает задача автоматизации управления и поддержания документооборота на факультетах. С этой целью в дека-



на факультета информатики СГАУ была разработана автоматизированная информационная система АИС «Деканат» - единая информационная система для хранения информации о студентах, кафедрах факультетов ВУЗа, преподавателях, организации учебного и воспитательного процессов. Система предоставляет полную, достоверную и оперативную информацию о деятельности структурных подразделений факультета и студенческого контингента.

На данный момент в АИС «Деканат» автоматизированы следующие функции:

- работа, связанная с движением студентов (перевод из группы в группу, с курса на курс, отчисление, восстановление, оформление академического отпуска);
- работа с текущим учебным периодом;
- учет рабочих учебных планов;
- работа с результатами сессии;
- ведение учебной карточки студента;
- поиск студентов по заданным параметрам;
- формирование отчетов и приказов;
- ведение справочных данных.

Схема базы данных АИС «Деканат» включает в себя около 50 сущностей.

Также в деканатах СГАУ есть необходимость автоматизации назначения стипендии и распределения материальной помощи студентам. Назначение стипендии и распределение материальной помощи в настоящее время происходит практически вручную сотрудниками и оператором деканата, много времени занимает обработка и контроль данных, формирование протоколов и приказов. Для решения этих задач разрабатывается подсистема назначения стипендии и распределения материальной помощи в АИС «Деканат» факультета информатики СГАУ. Подсистема включает в себя следующие функции:

- работа с назначением стипендий (академической, социальной, именной);
- ведение социальных положений студентов;
- ведение надбавок к академической стипендии студента;
- просмотр сводных данных и редактирование результатов сессии студента;
- работа с распределением материальной помощи студентам факультета в текущем месяце;
- ведение фонда материальной помощи по факультету и по курсам;
- формирование отчетов и приказов;
- ведение справочных данных.

При разработке подсистемы учитывается специфика организации учебного процесса деканатов СГАУ, проблемы и пожелания сотрудников и оператора деканата. Так, при назначении стипендии необходимо учитывать результаты сессии студента, а именно, точно подсчитывать количество всех положительных и неудовлетворительных оценок. Также нужно учитывать возможные льготы студента, его социальное положение и вид обучения. С учетом большого количества студентов на факультете данная задача являлась для оператора дека-



ната достаточно сложной и объемной, возникала вероятность ошибок. Поэтому подсистема назначения стипендии берет на себя все задачи вычисления, отображая результаты пользователю в удобном и наглядном виде. Результаты сессии студента выводятся в виде сводной ведомости по группам, имеется возможность автоматического расчета академической и социальной стипендий группе студентов на основании результатов сессии каждого студента и его социального положения. Также можно просмотреть, и при необходимости отредактировать результаты сессии отдельного студента в группе.

При распределении материальной помощи необходимо вести фонд материальной помощи, а также учитывать ограничение на количество и порядок выдачи студенту материальной помощи в семестре. Ежемесячный контроль над большим количеством информации также приводит к возникновению ошибок и дополнительным затратам на их устранение. Поэтому подсистема также берет на себя выполнение всех вычислительных задач, а именно – подсчитывает и отображает текущее состояние фонда материальной помощи для выбранного курса (сколько выделено на курс, сколько распределено студентам, сколько осталось распределить), ведет контроль над количеством и порядком выдачи материальной помощи каждому студенту на факультете, что исключает возникновение ошибок.

По результатам назначения стипендии имеется возможность сформировать протокол о назначении стипендии по группе и стипендиальный приказ по факультету, по результатам распределения материальной помощи – протокол о назначении стипендии по факультету. Формируемые протоколы и приказы полностью соответствует формату протоколов и приказов на факультетах СГАУ.

Также подсистема предусматривает сохранение данных о назначении стипендии и распределению материальной помощи на факультете в формат, предназначенный для передачи в АСУ ВУЗ (FoxPro 3.0).

Подсхема базы данных, связанная с назначением стипендии и распределением материальной помощи студентам дополняет базу данных АИС «Деканат» и приведена на рисунке 1.

В подсистеме предусмотрено разграничение прав доступа пользователей. Пользователи разделены на следующие группы:

- работники деканата (декан, заместитель декана, начальники курсов);
- оператор деканата.

Для каждой группы пользователей определено множество допустимых функций подсистемы, данные об авторизации и аутентификации передаются в подсистему из АИС «Деканат» при запуске подсистемы. Также в подсистему передается текущий учебный период для дальнейшей возможности назначения стипендии студентам, имеющим справку о продлении сессии. В подсистеме реализованы ограничения целостности данных.

Подсистема имеет интуитивно понятный и удобный интерфейс. Основной вид отображения информации пользователю – табличный с возможностью фильтрации отображаемых данных.

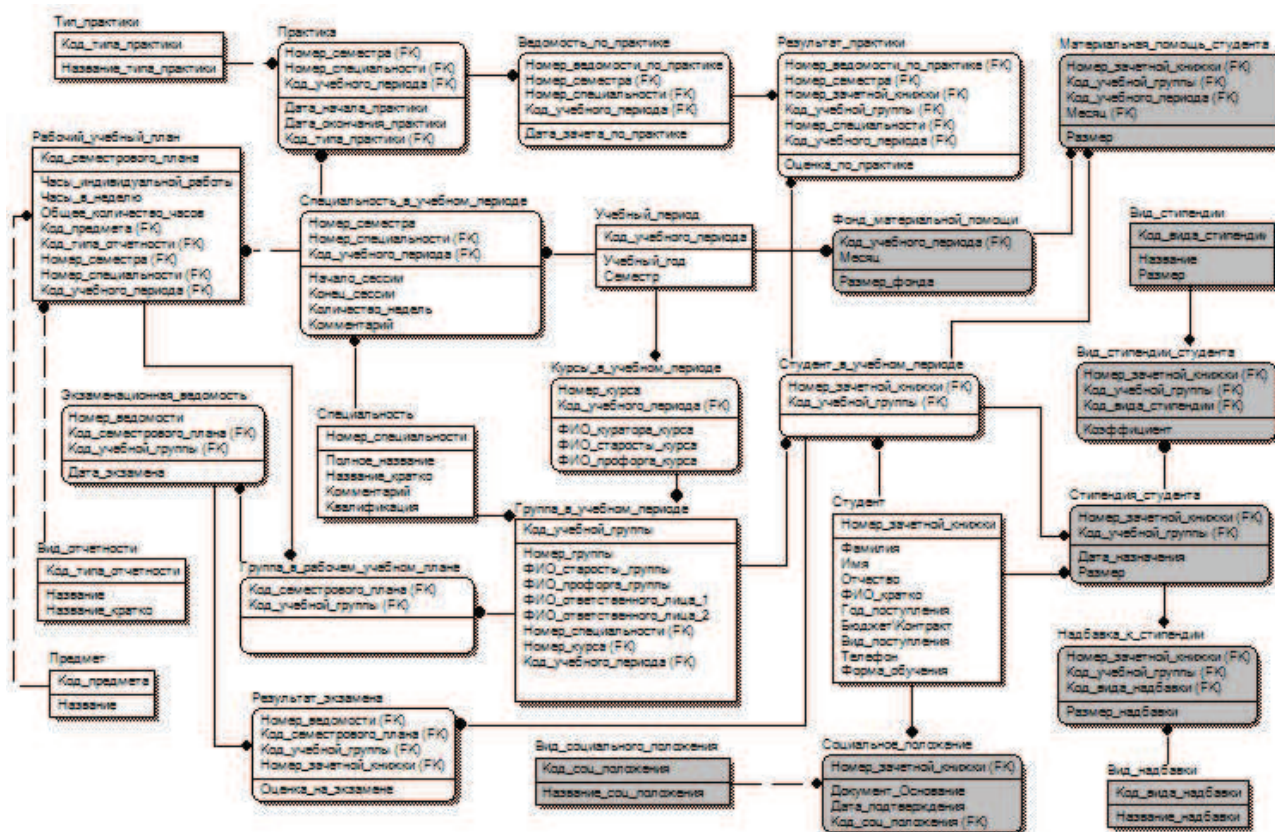


Рис. 1. Подсхема базы данных подсистемы назначения стипендии
и распределения материальной помощи в АИС «Деканат»
студентам факультета информатики СГАУ

В настоящее время подсистема назначения стипендии и распределения материальной помощи в АИС «Деканат» студентам факультета информатики СГАУ находится на стадии тестирования в деканате факультета информатики СГАУ им. Академика С.П. Королева.

Е.А. Шумская

ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗРАБОТКЕ И ИЗУЧЕНИИ УЧЕБНОГО КУРСА «НАДЕЖНОСТЬ, ЭРГОНОМИКА И КАЧЕСТВО АСОИУ»

(ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)»)

Технические и программные системы используются практически во всех сферах производства. Проблема повышения их надежности приобретает в последние годы все большую актуальность, т.к. постоянно растет сложность таких систем, изменяются условия их эксплуатации, возрастает интенсивность режимов работы. Недооценка факторов, обеспечивающих надежную работу



систем, может привести к авариям, связанным с большим ущербом и даже с человеческими жертвами, то есть цена отказа повышается.

Эффективное решение задач обеспечения заданного уровня надёжности систем стало возможным только с применением аппарата современной прикладной математики, который корректно описывает задачи надёжности, учитывая все необходимые условия и допущения. Современные информационные технологии позволяют автоматизировать все расчеты и вычислить необходимые показатели с заданной точностью.

Автоматизированная система, разработка которой ведется на кафедре программных систем Самарского государственного аэрокосмического университета (СГАУ) под руководством доцента кафедры Зеленко Л.С., предназначена для расчета показателей безотказности технических систем, таких как: вероятность безотказной работы, интенсивность отказов, наработка на отказ, а также для решения задач оптимального резервирования и моделирования отказов систем с мажоритарным резервированием. Данная система будет использоваться в учебном процессе при изучении дисциплины «Надёжность, эргономика и качество АСОИУ» (направление 230100.68 - Информатика и вычислительная техника).

В системе предусмотрено несколько лабораторных практикумов, выполнение которых позволит студентам закрепить теоретический материал:

- занятие № 1: «Надежность невосстанавливаемых систем»;
- занятие № 2: «Мажоритарное резервирование систем»;
- занятие №3: «Оптимальное резервирование систем».

При входе в систему любой пользователь (преподаватель/студент) должен пройти процедуру авторизации (ввести логин и пароль), система выполнит проверку данных и настроит интерфейс системы в соответствии с его правами. *Преподаватель* может составлять учебные задания, просматривать результаты выполнения учебных заданий, формировать журнал успеваемости студентов и т.д. *Студент* может выполнять учебные задания, моделируя поведения систем в соответствии с исходными данными, просматривать результаты работы.

Для выполнения учебного занятия № 1 студент, изучив теоретический материал данной темы, должен построить из заданного набора базовых элементов систему произвольной структуры с указанными преподавателем характеристиками (показателями надежности). К числу показателей надежности относятся функции надежности (безотказности) и ненадежности, для которых в системе предусмотрены возможности настройки параметров в соответствии с законами надежности и средства отображения в виде графиков (Р-Q диаграмм), а также наработка на отказ, как основная числовая характеристика любого класса объектов. Среди базовых законов надежности, заложенных в системе, выделяются экспоненциальный и нормальный, так как именно они широко используются на практике при оценке надежности сложных систем. В системе реализована проверка корректности построения структурных схем надежности, в случае если студент допустил ошибку, система выдаёт предупредительное сообщение с уточнением причины появления ошибки. Так же в системе предусмот-



рена возможность вывода P-Q диаграмм, отображающих текущие показатели безотказности как отдельных элементов, так и анализируемой системы в целом.

Для выполнения учебного занятия № 2 и №3 студент должен изучить тему «Резервирование систем». В лабораторном практикуме реализовано структурное резервирование, когда для повышения надежности используются резервные элементы. При выполнении учебного занятия №2 студент познакомится с мажоритарным резервированием, цель занятия – получить систему с заданными преподавателем характеристиками, настраивая ее параметры: количество входов мажоритарного элемента и параметры законов надежности. Входные элементы в мажоритарной группе воспринимаются как базовые (т.е. достаточно задать базовому необходимые характеристики, а остальные их автоматически наследуют). После построения структуры системы, студент может посмотреть её работу в динамике, проследить порядок отказа элементов системы. После окончания моделирования студент может просмотреть таблицу с результатами моделирования, в которой содержатся сведения об элементах, временах их работы, общее время работы системы до отказа.

Для выполнения учебного занятия №3 студент должен изучить тему «Оптимальное резервирование». Цель занятия – получить систему с наилучшими показателя безотказности при заданной системе ограничений. Студент должен построить доминирующую последовательность для заданного количества подсистем (от одного до десяти) и списка ограничений (например, стоимости, веса, надёжности элементов). Система проверяет введенные параметры на корректность и разрешает перейти к функции «Решение задачи». Ход решения отображается в виде таблицы, а результаты решения отображаются на экране в виде схемы.

В системе предусмотрен раздел справочной информации, в котором будет размещен теоретический материал по теме каждого занятия.

Для разработки системы использовался язык Java, обеспечивающий кросс-платформенность приложения, и различные информационные технологии, такие как технология доступа к данным с помощью СУБД MySQL 5.1, dbForge Studio for MySQL для создания базы данных, пакет StarUML 5.0 для разработки проекта системы.

Автор надеется, что разрабатываемая система позволит повысить эффективность учебного процесса, т.к. студенты смогут изучать учебный материал с применением новых информационных технологий, в наглядной форме получать результаты моделирования поведения сложных систем, оперируя базовым набором элементов.



М.П. Берестень, Н.В. Мясникова, А.Ю. Зенов

КОНЦЕПЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМАХ ДИАГНОСТИКИ И РАСПОЗНАВАНИЯ

(ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный университет»)

Проектирование любой системы диагностики (распознавания) начинается с создания модели диагностируемого (распознаваемого) объекта. Такую модель можно, например, построить на основе априорной информации об объекте или по экспериментальным данным, регистрируемым датчиками – вибрациям, акустическим шумам, переменным давлениям и т.д.

Невозможно построить универсальную модель различных объектов, но можно построить универсальную модель быстропеременных процессов, которые сопровождают их работу и отражают свойства. Часто быстропеременный процесс представляет собой комбинацию узкополосных составляющих аддитивно смешанных с широкополосным шумом.

Свойства процесса претерпевают изменения с течением времени или под действием влияющих факторов. Это проявляется в изменении амплитуд и частот узкополосных составляющих, уровня широкополосного шума, появление гармоник или субгармоник основной частоты возбуждения и др. Задача выявления отклонений в функционировании объектов может быть сведена к обнаружению моментов изменения частотных свойств случайного процесса.

Универсальная модель – сумма узкополосных составляющих – объясняет, почему классические системы диагностики строятся на парадигме спектрального анализа – в спектре, как правило, выделяются выраженные резонансы (моды), по которым можно судить об изменении в объекте.

Известно, что спектральный анализ подразумевает разложение по ортогональному тригонометрическому базису. Трудоемкость такого анализа достаточно высока, а так как нас интересует изменение свойств во времени, то стоит говорить о спектрально-временном анализе, т.е. о время-частотном распределении, вычисление которого еще более трудоемко.

Рассмотрим методы цифровой обработки сигналов, наиболее согласованные с выбранной моделью сигнала.

В настоящее время широко применяется преобразование Гильберта – Хуанга (ННТ), которое включает в себя две части: разложение по эмпирическим модам (EMD) и спектральный анализ Гильберта (HSA), при котором определяют мгновенную частоту как функцию времени, позволяющую получить отчетливую идентификацию внутренней структуры процесса. Итоговым результатом является трехмерное представление «амплитуда (мощность) – частота – время». На первом этапе (EMD-разложение) выделяются именно те составляющие, которые характеризуют модель в текущий момент времени.

У этого преобразования имеется аналог – экстремальная фильтрация, позволяющая разложить сигнал на знакопеременные составляющие. В результате



фильтрации выделяются субполосные составляющие (моды), каждая из которых характеризуется частотой и амплитудой (мощностью). Основные принципы экспресс-анализа изложены в работах [1-4]. На рисунке 1 представлено разложение на знакопеременные составляющие с помощью EMD-разложения (сплошная линия) и экстремальной фильтрации (точки на графиках).

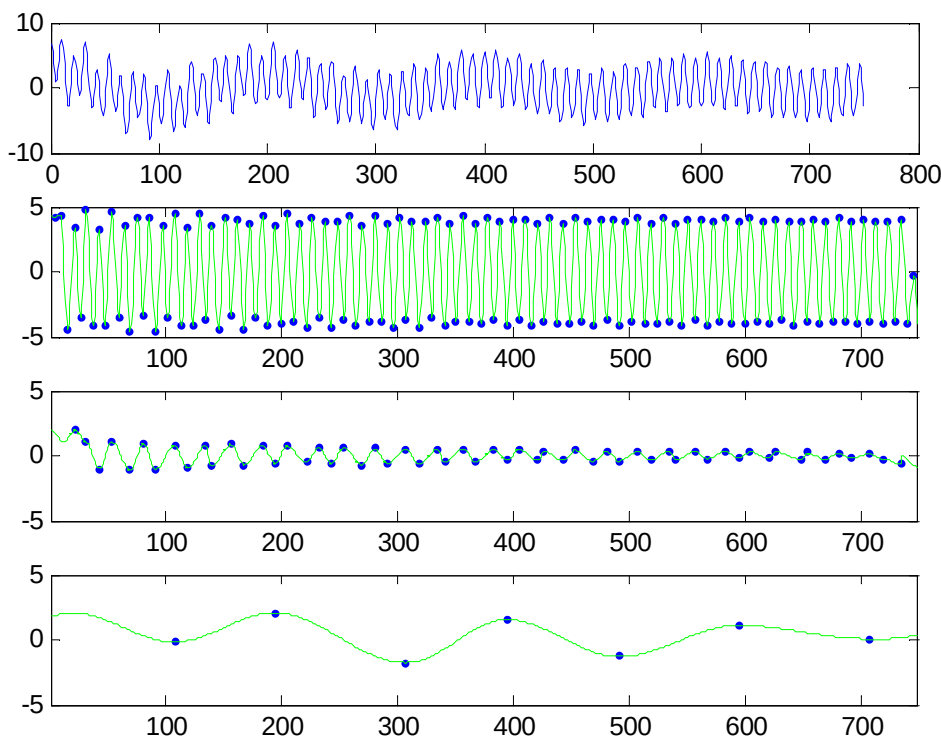


Рис. 1. Разложение сигнала на знакопеременные составляющие

Знакопеременную составляющую можно выделить путем центрирования относительно скользящего среднего. Наиболее простым является метод, в котором используются лишь экстремальные значения $x_{\varepsilon i}$, где $i=1,2,...,m$. Сглаживание производится оператором вида:

$$x_{ci} = 0,25x_{\varepsilon i-1} + 0,5x_{\varepsilon i} + 0,25x_{\varepsilon i+1}, \quad (1)$$

который соответствует пропусканию данных через цифровой фильтр нижних частот. Первая, высокочастотная, составляющая определяется из соотношения:

$$x_{pi} = x_{\varepsilon i} - x_{ci}. \quad (2)$$

Составляющая может быть выделена непосредственно из экстремумов следующим образом:

$$x_{pi} = -0,25x_{\varepsilon i-1} + 0,5x_{\varepsilon i} - 0,25x_{\varepsilon i+1}. \quad (3)$$

Далее преобразования вида (1), (3) повторяются над составляющей x_{ci} .

Каждую из знакопеременных составляющих можно связать с полосой частот, что дает возможность оценить частотные (в том числе и время-частотные) характеристики сигнала.

Параметры разложения частота и амплитуда (мощность) каждой составляющей сигнала характеризуют модель объекта в текущий момент:



$$S_i = \begin{bmatrix} \bar{f}_{i1}, \bar{f}_{i2}, \dots, \bar{f}_{ip} \\ \sigma_{i1}^2, \sigma_{i2}^2, \dots, \sigma_{ip}^2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

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.

Распределение по шкале моментов появления экстремумов в разных составляющих имеет важное свойство: самая высокочастотная составляющая содержит экстремумы, абсциссы которых определяют положение экстремумов и всех низкочастотных составляющих. Это свойство может быть использовано для дополнительного сжатия данных без потерь информации об абсциссах экстремумов.

При оценивании характеристики не используется разложение по ортогональному базису. Кроме того, коэффициенты фильтра допускают использование вместо умножения сдвиг вправо на 1 или 2 разряда, соответственно, что более экономично с точки зрения вычислений.

Для восстановления составляющих могут быть использованы различные способы аппроксимации функций, но важно, чтобы при этом учитывались особенности выделенных составляющих, а именно тот факт, что они представляют собой последовательность знакопеременных экстремумов. В частности, аппроксимация может быть выполнена отрезками прямой или полупериодами косинусоиды соответствующей частоты, соединяющими соседние экстремумы,

или же колокольными составляющими вида $e^{-x^2/2\beta^2}$, амплитудные параметры которых определяются экстремумами, а временные – расстояниями между соседними экстремумами.

Хотя в этом методе экстремальной фильтрации выделяются субполосные составляющие (то есть не разделяются близкие гармоники), он является достаточно эффективным, простым, нетрудоемким способом спектрального оценивания, а параметры выделенных знакопеременных составляющих позволяют сформировать диагностические признаки. Количество знакопеременных составляющих p , их параметры – амплитуды (или СКО) A_i , частоты

$f_i = \frac{n_i}{2 \cdot \Delta t \cdot N} = \frac{n_i}{2 \cdot T}$, $i = 1 \dots p$ могут быть положены в основу формирования диагностических признаков.

Отметим, что метод экстремальной фильтрации удовлетворяет противоречивым требованиям к методам цифровой обработки в системах диагностики: вычислительная трудоемкость анализа не должна превышать заданного времени; достоверность анализа должна быть не менее заданной.



Выводы

1. Предложена концепция единства модели сигналов в сейсмических, вибрационных системах, описываемой суммой узкополосных составляющих аддитивно смешанных с шумом и способов цифровой обработки, выделяющих узкополосные составляющие из сигнала: разложения на эмпирические моды и разложение на знакопеременные составляющие на основе экстремальной фильтрации. Параметры выделенных составляющих характеризуют объект в текущий момент времени. По изменению этих параметров можно судить о изменении в состоянии объекта в режиме реального времени.
2. Обосновано применение для анализа сигналов в системах диагностики экстремальной фильтрации как наименее трудоемкого метода, позволяющего интерпретировать ее результаты как параметры модели, частотные и время-частотные характеристики.
3. Концепция может применяться и в системах распознавания.

Литература

1. Строганов М.П., Берестень М.П., Мясникова Н.В. Обработка сигналов в системах диагностики/ Под редакцией Е.П. Осадчего: Монография. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. техн. ун-та, 1997. – 119 с.
2. Мясникова Н.В., Берестень М.П. Экстремальная фильтрация и ее приложения // Датчики и системы, 2004. – №4. – с. 8 – 11
3. Мясникова Н.В., Берестень М.П. Теоретические основы экспресс-анализа // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки, 2006. – № 6. – с. 117 – 123
4. Мясникова Н.В., Берестень М.П., Дудкин В.А. Экспресс-анализ сейсмических сигналов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки, 2007. – № 4. – с. 144 – 151



СОДЕРЖАНИЕ

Автоматизированные системы научных исследований	
Авдеев Е.В. Оценка качества сетки с помощью оценки обусловленности	3
Астраханцева М.А., Макаров М.А., Сагатов Е.С. Исследование качества передачи видео в беспроводных сетях	7
Белопухов В.Н., Грачев М.Ю., Лесников М.В., Заякин О.А., Понявин Ю.О. Лабораторный макет лазерного кругломера	10
Вилоп Л.Э. Определение погрешности, вносимой при автокалибровке имитатором выходной электрической величины датчика	14
Графкин А.А., Графкин В.В., Печерских П.В. Автоматизированная система определения локального местоположения пользователя внутри помещений	18
Графкин В.В. Автоматизированная информационная система оценки удовлетворенности потребителей	20
Диязитдинов Р.Р., Васин Н.Н. Применение фильтра Калмана для оценки параметров освещенности	21
Захаров Р.К. Метод классификации изображений, основанный на модифицированном дескрипторе контекста формы	25
Иоффе В.Г., Скрыпка А.С. Оценочный модуль для микроконтроллеров MCS51	29
Климентьев К.Е., Помянский Р.А. Три подхода к моделированию сетевых эпидемий	31
Милюткин М.Г. Создание языка программирования для описания протоколов маршрутизации	34
Минаев А.А., Скользнев А.В., Суфиев Р.С., Ибатуллин И.Д. Программное обеспечение универсального диагностического комплекса	37
Орлов С.П., Ахполова Е.А., Биктимиркин Е.Ю. Автоматизированный комплекс для испытаний приборов и электромеханических агрегатов	39
Пиявский С.А. «Самый естественный» метод принятия многокритериальных решений	42
Прохоров С.А., Куликовских И.М., Богданова Я.Ю. Мобильное приложение для спектрального анализа данных на базе iOS	47
Прошин И.А., Данишкина Е.А. Построение математической модели испарительной части барабанного парового котла	51
Прошин И.А., Селезнева С.В., Бурков В.В. Математическая модель электродинамического вибростенда	54
Прошин И.А., Сюлин П.В. Интегрированный комплекс сетевых автоматизированных лабораторий как инструмент исследования экосистем	56
Степанова М.А., Мокшин В.В. Оптимизация процесса ремонта грузоподъемных машин по математической модели	59



Сухинец Ж.А., Садретдинов Б.И., Гулин А.И. Устройство измерения средней частоты.....	61

Информационные технологии высокопроизводительных вычислений

Алексеев А.Ю. Компьютерное моделирование для обработки новых образцов ракетно-космических систем.....	63
Артамонов Ю.С. Коллективная разработка приложений для высокопроизводительных вычислений.....	64
Болтанов С.В. Анализ эффективности численного моделирования с использованием типового решения «метод переменных направлений».....	67
Воротникова Д.Г. Совместная реализация генетического алгоритма с FDTD-методом.....	70
Востокин С.В., Литвинов В.Г., Макагонова Д.Д., Хайрутдинов А.Р. Представление алгоритмов высокопроизводительных вычислений в нотации templet.....	74
Глазачев К.И., Коварцев А.Н. Разработка параллельных алгоритмов глобальной оптимизации.....	76
Журавлев А.Д., Нечунаев В.С. Распределенные вычисления на платформе BOINC.....	81
Кочуров А.В. Решение неявных сеточных уравнений на графических вычислительных устройствах методом пирамид.....	85
Мокшин В.В., Шарнин Л.М. Поиск информации в видеопотоке с использованием технологий высокопроизводительных вычислений.....	89
Орлов С.П., Ефремов М.М. Моделирование систем памяти современных процессоров.....	93
Султанов Т.Г. Критерии классов обслуживания QoS на основе измерений доступной пропускной способности.....	97
Яблокова Л.В., Головашкин Д.Л. Наложение поглощающего слоя при согласованном разностном решении уравнений Даламбера и Максвелла.....	100

Моделирование и анализ сложных технических систем

Андреев И.А. Мониторинг и моделирование корпоративных информационных систем.....	105
Долгих Д.Н. Моделирование оптимального управления кинетическим моментом микроспутника на основе решения уравнения Беллмана.....	107
Еленев Д.В., Киреев С.В. Автоматизированная система расчета параметров тросовой системы при спуске в атмосфере.....	111
Забелин С.Л., Фроловский В.Д. Исследование метаэвристических алгоритмов для решения задач оптимального геометрического покрытия.....	113
Заболотнов Ю.М., Лобанков А.А. Управление колебаниями в системе с двумя степенями свободы.....	122



Куделькин В.А., Денисов В.Ф., Бахрах Г.М., Волков О.А., Жибуртович М.Ю. Интегрированные интеллектуальные системы мониторинга ситуаций на объектах и территориях.....	126
Курапов Е.Ю. Моделирование и анализ относительного движения двух космических аппаратов на орбите.....	130
Сергиенко Д.В. Статистическое моделирование движения космического аппарата при входе в атмосферу.....	133
Солдатова О.П., Варжева Н.А. Применение рекуррентной сети Хемминга для решения задачи классификации цифр на семисегментном индикаторе.....	137
Солдатова О.П., Ледаков Я.А. исследование эффективности решения задачи классификации рекуррентной сетью Эльмана.....	141
Солдатова О.П., Разинов А.Ю. Применение эволюционных методов для генерации оптимальной структуры нейронных сетей в процессе обучения.....	144
Солдатова О.П., Скобеев А.Ю. Прогнозирование экономических показателей с помощью радиально-базисных нейронных сетей.....	148
Федотов М. В., Шарнин Л. М., Якимов И. М. Современные средства разработки моделей GPSS World.....	152

Интеллектуальные информационные системы

Бахрах Г.М., Куделькин В.А. Единая система мониторинга ситуаций на объектах и территориях.....	156
Белоусов А.И. Семантика языка представления знаний в инструментальной среде фреймового типа.....	158
Графкин А.В., Графкин В.В., Лесных В.А., Марейчев А.А. Автоматизированная система мониторинга состояния комплексной системы безопасности.....	162
Дерябкин В.П. Модель базы знаний интеллектуальной фреймовой среды.....	164
Лёзина И.В., Хохлова В.С. Прогнозирование финансовых рынков с использованием многослойного персептрона.....	168
Лёзина И.В. Краснов А.Е. Идентификация плотности распределения вероятности нечетким многослойным персептроном.....	172
Пудикова Е.М. Анализ потока ошибок в промышленной системе с помощью нейронечеткого классификатора и байесовской сети вывода.....	175
Травкин И.В., Куделькин В.А. Геоинформационные технологии в интеллектуальных интегрированных системах безопасности.....	178
Уланова Л.В. Распознавание символов в древних манускриптах с помощью единственного экземпляра ученой выборки.....	181
Чемоданов Д.Ю. Новая метрика динамической маршрутизации, базирующаяся на экстремальном принципе.....	183
Шевина Т.О. Основные проблемы автоматизации политического контент-анализа СМИ и пути их решения.....	187



Управление в многоакторных и мультиагентных средах

Иноземцев С.В. Концепция Agile Logistics для построения интеллектуальных систем планирования.....	191
Иващенко А.В., Пейсахович Д.Г. Кондициональное управление подразделением научно-производственного предприятия.....	195
Иващенко А.В., Юмашев В.Л. Модель риелтора в задачах управления согласованным взаимодействием в интегрированной информационной среде предприятия.....	199
Кременецкая М.Е. Модели управления единым информационным пространством научно-производственного предприятия.....	203
Андреев М.В. Особенности разработки распределенных мультиагентных автоматизированных MES-систем для крупных наукоемких производств, отличающихся высокой динамикой изменения номенклатуры изделий.....	207
Леднев А.М. Организация аукциона в многоакторной интегрированной информационной среде предприятия.....	210
Соллогуб А.В., Скобелев П.О., Симонова Е.В., Степанов М.Е., Жилиев А.А., Царев А.В. Экспериментальные исследования методов взаимодействия малоразмерных космических аппаратов дистанционного зондирования Земли.....	213
Федосеев А.А. Реализация многоакторной модели взаимодействия в задачах комплексного управления безопасностью научно-производственного предприятия.....	217

Перспективные информационные технологии на транспорте

Бадгетдинова К. М. Эволюционные стратегии для рациональной маршрутизации грузового транспорта с учетом временных окон.....	221
Михеева Т.И., Головнин О.К., Михеев С.В. Организация загрузки данных на основе паттернов в интеллектуальной транспортной системе.....	224
Михеева Т.И., Головнин О.К., Тендляш Я.А., Силакова Е.В. Технология учета остановок общественного транспорта с использованием электронной карты.....	228
Михеева Т.И., Михайлов Д.А., Михеев С.В. Обработка интенсивности дорожного движения в геоинформационной системе «ITSGIS».....	231
Михеева Т.И., Михеев С.В., Головнин О.К., Силакова Е.В., Тендляш Я.А. Технология дислокации управляющих объектов на электронную карту.....	234
Михеева Т.И., Осьмушин А.А., Михеев С.В. Система диспетчерского контроля и управления транспортным потоком светодиодными дорожными знаками.....	237
Михеева Т.И., Сидоров А.В., Головнин О.К., Михеев С.В. Информационный модуль геоинформационной системы «ITSGIS. ИНФО».....	241
Михеева Т.И., Федосеев А.А. Оценка состояния статических и динамических объектов транспортной инфраструктуры на основе аэрофотосъемки.....	245



Мордухов М.А., Папшев В.А., Губанов Н.Г. Тарифная модель транспортной сети.....	248
Рагулина Е.В. Исследование метода роя частиц для задач маршрутизации транспорта на примере составления расписания движения агентов.....	252
Романенко В.А. Нечёткая оптимизация расписания аэропорта с применением данных его информационной системы.....	254
Филиппова А.С., Валиахметова Ю.И., Фролов Р.В. Алгоритмическое обеспечение транспортно-логистических информационных систем на базе метаэвристик.....	257

Перспективные информационные технологии в медицине

Акулов В.А. Проблема верификации моделей медицинских центрифуг наземного и космического применения.....	261
Алимурадов А.К., Чураков П.П. Интеллектуальная система управления средствами технического назначения для людей с ограниченными возможностями посредством акустических сигналов.....	265
Батраков М.Ю., Горбаченко Н.А., Зайцев Д.Ю., Сапцин Н.В., Иващенко А.В., Чаплыгин С.С., Колсанов А.В. Тренажер для симуляционного обучения эндоскопическому оперативному вмешательству.....	269
Черепанов А.С., Макаров С.А., Сапцин Н.В., Иващенко А.В., Яремин Б.И., Колсанов А.В. Тренажер для симуляционного обучения эндоваскулярному оперативному вмешательству.....	273
Запольская М.М., Ивлиева Л.В., Лукьянова Е.С. Комплексная медицинская информационная система для врачей узких специальностей.....	277
Кузьмин А.В., Митрохина Н.Ю. Постановка задачи исследования влияния геометрических характеристик модели на результаты моделирования электрической активности сердца.....	279
Тычков А.Ю., Кузьмин А.В. Математический подход в вопросу автоматического обнаружения контура сердца на флюорографических снимках.....	283
Прохоров С.А., Куликовских И.М., Филиппова Н.С. О некоторых алгоритмах интеллектуального анализа фотоплетизмографических сигналов.....	287
Солдатов О.П., Котова А.М., Моисеева И.В. Применение многослойного персептрона для решения задачи классификации пациентов при лечении методами ЭКО.....	289

Методика обучения и компьютерные обучающие программы

Белов К.В., Богданов Д.В. Организация сетевого взаимодействия пользователей виртуальной обучающей системы.....	294
Еременко Н.В., Зеленко Л.С. Адаптивный тренажер для обучения учеников младшей и средней школы основам алгоритмизации.....	295
Зеленко Л.С., Загуменнов Д.А., Зинченко А. О., Белов К.В., Петрухин И.О., Халитов И.Ф. Виртуальная обучающая система, основанная на технологии виртуальных миров, как составная часть системы дистанционного обучения школы информатики СГАУ.....	297



Камынин А.В. Сравнительный анализ систем компьютерного моделирования.....	300
Конопелькин Д.А., Зинченко А.О., Зеленко Л.С. Реализация дистанционной обучающей системы «3DUCATION» на мобильных платформах.....	303
Кузнецов И.А., Хмелевских А.А., Зеленко Л.С. Автоматизированная информационная система «Школа информатики СГАУ».....	304
Чигарина Е.И., Семенова А.М. Автоматизация назначения стипендии и распределения материальной помощи в АИС «Деканат» факультета информатики СГАУ.....	306
Шумская Е.А. применение информационных технологий в разработке и изучении учебного курса «Надёжность, эргономика и качество АСОИУ».....	309
Берестень М.П., Мясникова Н.В., Зенов А.Ю. Концепция организации обработки информации в системах диагностики и распознавания.....	312



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

Редактор: д.т.н, профессор С.А. Прохоров

Издательство Самарского научного центра РАН
Лицензия на издательскую деятельность
ЛР № 040910 от 10.08.98 г.

Подписано в печать 05.12.2012
Формат 60x84 1/8 Бумага офсетная. Печать офсетная.
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 20
Тираж 500 экз.

Отпечатано в типографии АНО «Издательство СНЦ РАН»
443001, г. Самара, Студенческий переулок, За
тел.: 42-37-07