

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Ф.М. ДОСТОЕВСКОГО

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Сборник материалов
V Международной научной конференции,
посвященной памяти Р.Л. Долганова

(Омск, 1 декабря 2017 г.)



2017

УДК 004+519+316
ББК 22.18я43+32.973.26–018.1я43
М340

*Рекомендовано к изданию
редакционно-издательским советом ОмГУ*

Рецензенты:

канд. физ.-мат. наук, доцент *Н.Ф. Богаченко*,
канд. техн. наук, доцент *Д.Н. Лавров*

Ответственный за выпуск

канд. физ.-мат. наук, доцент *И.П. Бесценный*

М340 Математическое и компьютерное моделирование : сборник материалов V Международной научной конференции, посвященной памяти Р.Л. Долганова (Омск, 1 декабря 2017 г.) / [отв. за вып. И. П. Бесценный]. – Омск : Изд-во Ом. гос. ун-та, 2017. – 186 с.

ISBN 978-5-7779-2176-5

Представлены тезисы докладов участников V Международной научной конференции «Математическое и компьютерное моделирование», состоявшейся на факультете компьютерных наук ОмГУ им. Ф.М. Достоевского 1 декабря 2017 г. при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 17-01-20513).

Для магистрантов, аспирантов и научных работников.

УДК 004+519+316

ББК 22.18я43+32.973.26–018.1я43

ISBN 978-5-7779-2176-5

© Оформление. ФГБОУ ВО «ОмГУ
им. Ф.М. Достоевского», 2017

Содержание

Стругов Ю.Ф. Мои воспоминания о Р.Л. Долганове9

Секция «Математика»

Falco G.M., Fedorenko A.A., Gruzberg I.A. On functional determinants of matrix differential operators with multiple zero modes12

Бородич С.М. Максимальный аттрактор одного неавтономного гиперболического уравнения с диссипацией15

Гладков А.Л., Кавитова Т.В. Положительность решений первой начально-краевой задачи для нелинейного параболического уравнения с нелокальностями в уравнении и граничном условии17

Ерошенко В.А., Мартон М.В. Математическая составляющая в концепции фундаментализации университетского географического образования19

Михайлова Н.В. Системная методология проблемного обучения высшей математике в техническом университете22

Галаган К.Ю., Масловская А.Г. Применение аналитических инструментов теории фракталов и мультифракталов для анализа валютных рынков25

Ермоленко А.В. Уравнения типа Кармана – Тимошенко – Нагди, ориентированные на решение контактных задач28

Юркина М.Н. Дамасские неравенства с ограничениями на сумму переменных31

Гуц А.К., Лавров Д.Н. Flood-атаки на компьютерные серверы как катастрофы типа A_8 33

Гринь А.Г. Центральная предельная теорема для симметрических функций от случайных величин34

Тюменцев Е.А. Формальное определение абстракции36

Романов А.Н. Типы пространств с бесконечными лоренцевыми расстояниями39

Храмцов О.В. Управляемость вполне интегрируемых линейных стационарных систем Пфаффа40

Кабанов А.Н. Гиперцентр группы унитарных автоморфизмов свободной алгебры Лейбница43

Секция «Кибернетика и моделирование»

<i>Kosheleva O., Kreinovich V.</i> Why “a” and “the”? Why Plural? Why one God? An algorithmic explanation	46
<i>Kosheleva O., Kreinovich V.</i> What is so good about being poor in spirit? A rational explanation of the seemingly anti-intellectual statement.....	48
<i>Еровенко В.А., Коваленко Н.С.</i> Проблемно-ориентированный подход к решению задач математического и компьютерного моделирования.....	50
<i>Сеньковская А.А., Фураева И.И.</i> Описание модели распределения учебной нагрузки на кафедре с использованием жадного алгоритма.....	52
<i>Каурбаева Б.К.</i> Компьютерная лингвистика и ее задачи в автоматизации обработки текстовой информации	55
<i>Фомичева Т.А.</i> Использование механизмов Data Mining в разработке систем по работе с клиентами.....	57
<i>Reznik A.L., Torgov A.V., Soloviev A.A.</i> Intellectual computer support in problems of random point fields analysys	60
<i>Вакулин А.А., Крыловецкий А.А., Черников И.С.</i> Применение сверточных нейронных сетей к задаче классификации трехмерных моделей	63
<i>Панкратов И.А.</i> Об аппроксимации простейших течений несжимаемой жидкости средствами OpenFOAM.....	65
<i>Носов Л.С., Чупров И.А.</i> Моделирование высокочастотной записи информации на однодоменные частицы.....	68
<i>Голубятников В.П.</i> О существовании циклов в многомерных моделях молекулярного репрессилатора	71
<i>Гольятин В.В., Шовин В.А., Глотов А.В., Федорова Т.Н.</i> Сравнительный анализ факторных структур синдрома обструктивного апноэ сна.....	74
<i>Нечаева Г.И., Шупина М.И., Надей Е.В., Гольятин В.В.</i> Использование однофакторного дисперсионного анализа в оценке эффективности проводимой аллергенспецифической иммунотерапии.....	76
<i>Филимонов В.А.</i> Концепция альгедонической нейронной сети на основе гомеостатики и рефлексивного управления	79

<i>Маркова М.П.</i> Изменение фрактальности кластеров сорбированных молекул при аннигиляционных процессах	81
<i>Володченкова Л.А.</i> Защита лесных экологических систем. Кибернетическое моделирование	84
<i>Федорова Е.И., Бесценный И.П.</i> Модель успешного обучения	85
<i>Глазырин С.А., Фураева И.И., Глазырина Н.С.</i> Решение задач оптимизации технологий очистки воды в энергетике с помощью математического моделирования	87
<i>Трушников Е.В.</i> Исследование поверхностного фазового перехода в полуограниченной антиферромагнитной модели Изинга	89

Секция «Социокибернетика»

<i>Lorkowski J., Kosheleva O., Kreinovich V.</i> Are people really irrational? Naïve analysis says “yes”, but detailed utility-based analysis says “rarely”	92
<i>Kosheleva O., Kreinovich V.</i> Why Chinese people are perceived as louder? An explanation	94
<i>Kosheleva O., Kreinovich V.</i> “Porazhenia ot pobedy”: why should not we be able to distinguish defeat from victory?	96
<i>Огородникова И.А., Павленко К.В., Озерова М.В.</i> Завод как место трудоустройства молодежи: объяснительная модель привлекательности / непривлекательности	97
<i>Деревянченко Ю.И.</i> Культурно-политическое измерение новых социальных движений	100
<i>Лисина А.С.</i> Модель оценивания качества трудовой жизни в организации	101
<i>Петрук И.В.</i> Единая система оценки эффективности информационной профилактики ВИЧ-инфекции	104

Секция «Компьютерные науки и информационная безопасность»

<i>Корчевская Е.А., Маркова Л.В.</i> Влияние эффективности вычислительного алгоритма на реализацию численного метода	107
--	-----

<i>Верзунов С.Н., Лыченко Н.М.</i> Мультивейвлетная полиморфная сеть для прогнозирования хаотических временных рядов	109
<i>Астапенко Н.В., Кошеков К.Т.</i> Компьютерная автоматизация управления зернохранилищем	112
<i>Исмуканова А.Н., Лавров Д.Н.</i> Библиотека «NLTK» для сбора статистики встречаемости слов в задаче классификации научных текстов	115
<i>Крыловецкий А.А., Суходолов Д.М.</i> Методы сверхразрешения в задачах анализа медицинских изображений	117
<i>Панкратов И.А.</i> Эволюционный подход к решению задачи оптимальной переориентации орбиты космического аппарата	120
<i>Носов Л.С., Пипуныров Е.Ю.</i> Использование ПЛИС для создания потокового шифратора	123
<i>Будников К.И., Курочкин А.В.</i> Экспериментальное исследование моделей устройств НТТР-фильтрации	125
<i>Лях Т.В., Зюбин В.Е.</i> Автоматическая верификация алгоритмов управления сложными технологическими объектами на программных имитаторах	128
<i>Шовин В.А.</i> Алгоритмы виртуального собеседника – на базе AIML разметки, рекуррентной нейронной и эвристической сети	130
<i>Юдин Е.Б.</i> Модуль анализа метрических характеристик сетей в системе агентного моделирования Simbigraph	133
<i>Юдина М.Н.</i> Подсчет частот встречаемости типовых подграфов в направленных сетях.....	135
<i>Гусс С.В.</i> Моделирование и создание прототипов полезных устройств в эпоху Интернета вещей.....	138
<i>Костюшина Е.А.</i> Проблемы сопровождения информационных систем управления вузом	140
<i>Богаченко Н.Ф.</i> Интеллектуальный анализ политик разграничения доступа больших информационных систем.....	142
<i>Бакшаев А.С., Бречка Д.М.</i> Исследования применимости нейронных сетей в анализе тенденций фондового рынка	145
<i>Костеннов Т.В., Бречка Д.М.</i> Разработка автоматического комплекса выращивания растений	147
<i>Мартынов Д.М., Гусс С.В.</i> Программно-конфигурируемые компьютерные сети следующего поколения	150

<i>Бондаренко А.А., Тюменцев Е.А.</i> К вопросу определения константы в достаточном условии линейной скорости процесса разработки	152
<i>Городецкий А.Д., Костюшина Е.А.</i> Система эффектов для реализации корректного ручного управления памятью.....	154
<i>Ильченко В.Д.</i> Приложение на Android-телефон для контроля ребенка с помощью smart-браслета.....	156
<i>Балашиова Т.Ю.</i> Оптимизация списков доступа с применением анализа формальных понятий.....	157
<i>Сиганов И.Д.</i> Модель синхронизации аналогового и цифрового звука на лету	159
<i>Кондюрина А.А.</i> Архитектура приложения для моделирования эксперимента по определению точки доступа в пространстве	161
<i>Пашкин В.С.</i> Концепция программного продукта для моделирования различных типов атак на компьютерную сеть и противодействия им	162
<i>Черкашин А.В.</i> Факторы, ограничивающие внедрение SDN-сетей.....	164
<i>Журавлёв В.В.</i> Web-приложение, реализующее выявление общественного мнения на основе ДСМ-систем.....	167
<i>Ангальд Д.Ю.</i> Разработка библиотеки для работы с веб-таблицами в режиме реального времени на веб-сокетах	168
<i>Первишко Д.Е.</i> Создание библиотеки для разработки приложения восстановления фотографий при помощи карт Кохонена на CUDA.....	170
<i>Дейнеко Т.А.</i> Развитие электронных сервисов для абитуриентов ОмГУ	172
<i>Ларионов С.Б.</i> Алгоритм сегментации изображений с помощью нейронной сети без использования других изображений.....	174
<i>Белим С.В., Черепанов П.Г.</i> Устойчивый алгоритм встраивания цифровых водяных знаков в видеопоток.....	176
<i>Мироненко А.Н.</i> Применение схемы разделения секрета в стеганографии	179
<i>Ракицкий Ю.С.</i> Субъектно-объектные модели в программно-конфигурируемых сетях.....	181
<i>Белим С.В., Вильховский Д.Э.</i> Выявление стеганографических вставок типа LSB-замещения в растровых изображениях.....	183



ДОЛГАНОВ РУДОЛЬФ ЛЕОНИДОВИЧ
(1934–2006)

Родился 30 апреля 1934 года в городе Омске. В 1956 году окончил Омский педагогический институт. Работал учителем математики в Оконешниковской районной средней школе Омской области (129 км к востоку от областного центра).

С 1961 года работал на кафедре высшей математики Омского политехнического института – сначала в должности ассистента, а затем старшего преподавателя (с 1969 года), доцента (с 1973 по 1974 год), заведующего кафедрой (1975–1983) и снова доцента с 1983 года. Поступил в 1965 году в аспирантуру Уральского государственного университета. В 1973 году защитил диссертацию на тему «Некоторые вопросы равномерного приближения непрерывных функций» в Институте математике СО АН СССР им. С.Л. Соболева (г. Новосибирск) и ему была присвоена ученая степень кандидата физико-математических наук.

В 1970-х годах организовывал омские областные математические конференции, на которые приглашал известных математиков (В.Г. Болтянский, Г.Ш. Рубинштейн и др.).

Ю.Ф. Стругов

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

МОИ ВОСПОМИНАНИЯ О Р.Л. ДОЛГАНОВЕ

Познакомились мы с Рудольфом Леонидовичем в 1975 году в Новосибирске. Было это так. В Новосибирском государственном университете (НГУ) шло распределение выпускников механико-математического факультета. Мы, в ожидании своей очереди, толпились в коридоре возле аудитории, где работала комиссия по распределению. Я предварительно уже был распределен в Омск (ВЦ КБ ПО «Полет»). Осталось соблюсти формальности и ехать устраи-



ваться на работу. Вдруг подходит высокий мужчина и громко спрашивает: «Кто распределяется в Омск»? Я ответил. Он подошел ко мне. Разговорились. Это был Долганов. С трудом, но уговорил меня распределиться в Омский политехнический институт (ОмПИ) на кафедру «Высшая математика». Обещал через два года отправить в аспирантуру НГУ. Так состоялось наше знакомство.

Рудольф Леонидович Долганов родился в Омске 30 апреля 1934 г. В 1956 г. окончил Омский пединститут. В 1961 г. был принят на работу в ОмПИ ассистентом кафедры «Высшая математика» (кафедра «Высшая математика» в ОмПИ была организована 1 сентября 1954 г., заведующей кафедрой была назначена Татьяна Николаевна Сикорская). В 1965 г. Р.Л. Долганова направили в аспирантуру Уральского государственного университета.

После окончания аспирантуры он вернулся в Омск и, работая старшим преподавателем в ОмПИ, продолжал упорно заниматься наукой. В 1973 г. в институте математики СО РАН СССР Рудольф Леонидович успешно защитил диссертацию [1]. В 1975 г. Рудольф Леонидович Долганов был избран заведующим

кафедрой «Высшая математика». Кафедра большая, а кандидатов физико-математических наук было только два (Г.А. Кузик и Р.Л. Долганов).

В это время в стране бурно развивалась наука. Создавались университеты в крупных городах Сибири и Дальнего востока. В том числе, был открыт Омский государственный университет. В этих условиях, перед Р.Л. Долгановым, ректоратом ОмПИ была поставлена трудная задача развития научного потенциала кафедры, повышения уровня преподавания математики, научных исследований, в том числе и хозрасчетных.

В должности заведующего кафедрой, Рудольф Леонидович проявил весь свой дар организатора. У него был талант собирать вокруг себя интересных людей, ладить с подчиненными, налаживать отношения с деканами и проректорами. Важно и то, что сотрудники кафедры его уважали и любили.

В значительной степени, благодаря его усилиям 80-е годы отмечены резким ростом научного и научно-педагогического потенциала кафедры.

Став заведующим кафедрой, первое, что он сделал – отправился за выпускниками математических факультетов в НГУ, ТГУ, ОмГПУ. Чутье на талантливых математиков его не подводило. Но для молодежи нужно было создавать условия для профессионального роста.

С этой целью для научных контактов, расширения кругозора молодых сотрудников в ОмПИ приглашали специалистов из Новосибирска, Москвы, Киева для чтения лекций по различным разделам математики. В 1984 г. кафедра проводит в Омске научную конференцию, на которую приехали математики из Новосибирска и Москвы.

Подрастали и свои кадры. Так, пришедшие ассистентами на кафедру С.М. Добровольский, Ю.Ф. Стругов, В.М. Гичев, В.Н. Степанов, М.Н. Соколовский защищали кандидатские диссертации, становились доцентами. Именно тогда я начал работать заместителем Р.Д. Долганова по учебной работе. Вскоре защитил кандидатскую диссертацию В.Н. Сергеев. Плюс к этому на кафедру пришли кандидаты наук А.В. Горяга, А.И. Фирдман, Р.А. Радченко, Г.Е. Квасова, Н.И. Николаева.

Для стимулирования интереса у студентов к углубленному изучению математики, кафедра регулярно проводила студенческие олимпиады всех уровней. Необходимо отметить, что первые в Российской Федерации Всероссийские студенческие математические олимпиады для технических вузов в 1979–1984 проводила кафедра ВМ ОмПИ (инициатором был энтузиаст олимпиадного движения В.Н. Сергеев). Первая в стране студенческая Всесоюзная олимпиада по математике тоже проводилась ОмПИ.

Удачным было решение пригласить на кафедру доцентов Р.К. Романовского и Е.Л. Даниленко. С их приходом удалось активировать научное сотрудничество с предприятиями г. Омска. В результате Е.Л. Даниленко подготовил и защитил докторскую диссертацию по техническим наукам. Позднее еще два доцента Р.К. Романовский и Ю.Ф. Стругов тоже защитили докторские диссертации по физико-математическим наукам и по своему кадровому составу кафедра высшей математики ОмПИ становится одной из сильнейших в технических вузах Сибири и Дальнего Востока.

Такая вот краткая история деятельности кафедры под руководством Р.Л. Долганова и его роль в формировании кадрового состава кафедры.

После того как Е.Л. Даниленко стал доктором технических наук и его назначили заведующим кафедрой, Р.Л. Долганов продолжил работу на кафедре в должности доцента до выхода на пенсию. Но и на пенсии продолжал оказывать методическую помощь молодым сотрудникам кафедры.

Ушел из жизни Рудольф Леонидович 17 мая 2006.

Литература

1. *Долганов Р.Л.* Некоторые вопросы равномерного приближения непрерывных функций: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Новосибирск, 1973. 15 с.

UDC 517.4

G.M. Falco¹, A.A. Fedorenko², I.A. Gruzberg³

*¹Amsterdam University of Applied Studies,
Amsterdam, The Netherlands*

*²Laboratoire de Physique, ENS de Lyon,
Université de Lyon, Lyon, France*

*³Ohio State University,
Columbus, Ohio, USA*

ON FUNCTIONAL DETERMINANTS OF MATRIX DIFFERENTIAL OPERATORS WITH MULTIPLE ZERO MODES

Functional determinants of differential operators show up in various fields of physics. In particular, they naturally arise in instanton- or soliton-like solutions within the path integral formulation of many problems [1]. Examples include quantum field theory, disordered systems, soft matter, and statistical physics problems. A direct evaluation of functional determinants is, however, a formidably difficult task in most cases since it requires the knowledge of the whole spectrum of the operator. Fortunately, almost sixty years ago Gel'fand and Yaglom [2] discovered that the functional determinant of a one-dimensional second order differential (Schrödinger) operator O with the homogeneous Dirichlet boundary conditions (BCs) can be simply expressed explicitly using only the solutions of the homogeneous equation $Oh = 0$.

Often one encounters the problem of evaluating the functional determinant of an operator whose spectrum contains zero eigenvalues.

The corresponding eigenfunctions are usually called zero modes, and one needs to separate their contribution to the functional determinant from the rest. A typical such example occurs when one evaluates a Gaussian integral obtained by expanding a functional integral about a non-trivial classical solution (an instanton). The presence of Goldstone modes due to the spontaneous breaking of continuous symmetries, such as translational or rotational invariance, requires to exclude these modes from the Gaussian integration. One has to calculate their contribution to the functional integral exactly, for example, by introducing the so-called collective coordinates. This leads to the need to compute a functional determinant with excluded zero eigenvalues. In 1977 Coleman in his lectures on instantons [3] proposed the idea of regularizing the problem by changing the spectrum with a small perturbation. A simple and systematic regularization procedure was proposed by McKane and Tarlie [4]. Their method is based on the approach of Forman [5], which allows one to calculate the functional determinant of an operator with arbitrary BCs. The main idea is to regularize the determinant by perturbing the BCs instead of modifying the operator or changing the positions of boundaries.

In some application the operator whose determinant needs to be computed, has multiple zero modes. This happens, for example, in the derivation of the Mott-Berezinsky formula for the AC conductivity of disordered wires using the instanton approach [6]. In [7] we present a systematic regularization scheme in the case of multiple zero modes by extending the approach of McKane and Tarlie to $r \times r$ matrix Schrödinger differential operators. It happens that the nature and the possible number of zero modes essentially depends on the type of BCs in the problem. Therefore, we separately consider the cases of (i) the homogenous Dirichlet BC and (ii) twisted BC (the periodic and antiperiodic BCs are particular cases of the twisted BC). In both cases we derive simple formulas for the functional determinants of operators with excluded multiple zero eigenvalues. A common feature of all these formulas is the presence of the determinant of the matrix of overlaps of zero modes. We also show that our formulas are very useful in instanton-like calculations where the operators governing quadratic fluctuations about a classical solution typically contain zero modes.

The contribution of the zero modes is computed using collective variables. We show quite generally that the Jacobian of the transformation to the collective variables contains the same determinant of the matrix of overlaps of zero modes as the fluctuation determinant with excluded zero eigenvalues. This determinant exactly cancels between the Jacobian and the functional fluctuation determinant when one computes a physical observable. This cancellation drastically simplifies instanton calculations when one uses our formulas.

References

1. *Rajaraman R.* Solitons and instantons: an introduction to solitons and instantons in quantum field theory. Amsterdam: North Holland, 1982.
2. *Gel'fand I.M., Yaglom A.M.* Integration in functional spaces and its applications in quantum physics // J. Math. Phys. 1960. Vol. 1. P. 48–69.
3. *Coleman S. R.* The uses of instantons. Cambridge: Cambridge University Press, 1985.
4. *McKane A.J., Tarlie M.B.* Regularisation of functional determinants using boundary perturbations // J. Phys. A: Math. Gen. 1995. Vol. 28. P. 6931–6942.
5. *Forman R.* Functional determinants and geometry // Invent. Math. 1987. Vol. 88. P. 447–493.
6. *Falco G.M., AA. Fedorenko A.A., Gruzberg I.A.* Wave function correlations and the AC conductivity of disordered wires beyond the Mott-Berezinskii law. arXiv:1708.07163.
7. *Falco G.M., Fedorenko A.A., Gruzberg I.A.* On functional determinants of matrix differential operators with multiple zero modes. arXiv:1703.07329.

С.М. Бородич

*Витебский государственный университет им. П.М. Машерова,
г. Витебск, Беларусь*

МАКСИМАЛЬНЫЙ АТТРАКТОР ОДНОГО НЕАВТНОМНОГО ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ С ДИССИПАЦИЕЙ

В ограниченной области $\Omega \subset \mathbf{R}^n$ с гладкой границей $\partial\Omega$ рассматривается неавтономное гиперболическое уравнение с диссипацией

$$\partial_t^2 u + \varepsilon \partial_t u = a(t)\Delta u - f(t, u) - g(t, x), \quad u|_{x \in \partial\Omega} = 0, \quad (1)$$

где $\varepsilon > 0$, $a(t) \in C([0, +\infty))$, $f(t, u) \in C^{0,1}([0, +\infty) \times \mathbf{R})$, $g(t, x) \in L_\infty([0, +\infty), L_2(\Omega))$. Предполагается, что выполнены условия:

$$a(t) \geq \alpha > 0, \quad \lim_{t \rightarrow +\infty} a(t) = \tilde{a} \quad (\tilde{a} < +\infty);$$

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} f(t, u) = \tilde{f}(u), \quad \tilde{f}(u) \in C^1(\mathbf{R}),$$

$$f(t, u)u \geq -C, \quad -C \leq f'_u(t, u) \leq C(u^2 + 1),$$

$$|\tilde{f}'_u(u)| \leq C(|u|^\gamma + 1) \quad (0 \leq \gamma < 2),$$

$$|f(t, u) - \tilde{f}(u)| \leq k(t)(|u|^3 + 1),$$

где $C > 0$, $k(t) \in C([0, +\infty))$, $k(t) \rightarrow 0$ при $t \rightarrow +\infty$;

$$|g(t, x)| \leq h(x), \quad h(x) \in L_2(\Omega), \quad \lim_{t \rightarrow +\infty} g(t, x) = \tilde{g}(x).$$

Уравнение (1) порождает в пространстве $E = H_0^1(\Omega) \times L_2(\Omega)$ семейство эволюционных операторов $\{S_{t,\tau}, t \geq \tau \geq 0\}$:

$$S_{t,\tau} : y_0 \rightarrow y(t),$$

где $y_0 = (u_0, p_0) \in E$, $y(t) = (u(t), \partial_t u(t))$, $u(t)$ – решение уравнения (1) с начальными условиями

$$u|_{t=\tau} = u_0, \quad \partial_t u|_{t=\tau} = p_0.$$

Исследуется вопрос о существовании и свойствах максимального аттрактора семейства $\{S_{t,\tau}\}$. При этом под максимальным аттрактором семейства эволюционных операторов $\{S_{t,\tau}\}$ понимается такое компактное в E множество \mathcal{A} , которое притягивает при $t \rightarrow +\infty$ траекторию $S_{t,0}B$ любого ограниченного в E множества B и содержится в любом другом компактном множестве, обладающем таким же свойством притяжения.

Наряду с уравнением (1) рассмотрим автономное уравнение

$$\partial_t^2 v + \varepsilon \partial_t v = \tilde{a} \Delta v - \tilde{f}(v) - \tilde{g}(x), \quad v|_{x \in \partial \Omega} = 0, \quad (2)$$

которое порождает в E полугруппу операторов $\{S_t, t \geq 0\}$ (см. [1]).

Предположим, что полугруппа $\{S_t\}$ имеет конечное число неподвижных точек $\{y_1, y_2, \dots, y_N\}$, и пусть y_i – какая-либо из них. Легко видеть, что $y_i = (z_i, 0)$, где $z_i = z_i(x)$ – решение уравнения

$$\tilde{a} \Delta z - \tilde{f}(z) - \tilde{g}(x) = 0, \quad z|_{x \in \partial \Omega} = 0.$$

Обозначим через $M^H(y_i)$ совокупность всех точек $y \in E$, через которые проходят траектории $S_t y_0$, продолжаемые для всех $t \leq 0$ и удовлетворяющие условию: $S_t y_0 \rightarrow y_i$ в E при $t \rightarrow -\infty$.

Теорема. Пусть функции $a(t)$, $f(t, u)$, $\tilde{f}(u)$ и $g(t, x)$ удовлетворяют сформулированным выше условиям. Тогда семейство эволюционных операторов $\{S_{t,\tau}\}$, отвечающее уравнению (1), обладает максимальным аттрактором \mathcal{A} , причем:

1) множество \mathcal{A} строго инвариантно относительно операторов полугруппы $\{S_t\}$, порожденной уравнением (2): $S_t \mathcal{A} = \mathcal{A} \forall t \geq 0$,

$$2) \mathcal{A} \subset \bigcup_{i=1}^N M^H(y_i).$$

Литература

1. *Бабин А.В., Вишик М.И.* Аттракторы эволюционных уравнений. М.: Наука, 1989. 294 с.

УДК 517.95

А.Л. Гладков¹, Т.В. Кавитова²

¹*Белорусский государственный университет,
г. Минск, Беларусь*

²*Витебский государственный университет им. П.М. Машиерова,
г. Витебск, Беларусь*

ПОЛОЖИТЕЛЬНОСТЬ РЕШЕНИЙ ПЕРВОЙ НАЧАЛЬНО-КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОГО ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ С НЕЛОКАЛЬНОСТЯМИ В УРАВНЕНИИ И ГРАНИЧНОМ УСЛОВИИ

Рассматривается нелинейное параболическое уравнение

$$u_t = \Delta u + a(x, t)u^r \int_{\Omega} u^p(y, t) dy - b(x, t)u^q, \quad x \in \Omega, t \in (0, T), \quad (1)$$

с нелинейным нелокальным граничным условием

$$u(x, t) = \int_{\Omega} k(x, y, t)u^l(y, t) dy, \quad x \in \partial\Omega, t \in (0, T), \quad (2)$$

и начальным условием

$$u(x, 0) = u_0(x), \quad x \in \Omega, \quad (3)$$

где r, p, q, l – положительные постоянные, Ω – ограниченная область в R^n , $n \geq 1$, с гладкой границей $\partial\Omega$, $T > 0$.

Относительно данных задачи (1)–(3) делаются следующие предположения:

$a(x,t), b(x,t) \in C_{loc}^\alpha(\bar{\Omega} \times [0, +\infty))$, $0 < \alpha < 1$, $a(x,t) \geq 0$, $b(x,t) \geq 0$;

$k(x,y,t) \in C(\partial\Omega \times \bar{\Omega} \times [0, +\infty))$, $k(x,y,t) \geq 0$;

$u_0(x) \in C(\bar{\Omega})$, $u_0(x) \geq 0$, $x \in \bar{\Omega}$, $u_0(x) = \int_{\Omega} k(x,y,0)u_0'(y) dy$, $x \in \partial\Omega$.

Пусть $Q_T = \Omega \times (0, T)$, $S_T = \partial\Omega \times (0, T)$, $\Gamma_T = S_T \cup \bar{\Omega} \times \{0\}$.

Определение 1. Назовем неотрицательную функцию $u(x,t) \in C^{2,1}(Q_T) \cap C(Q_T \cup \Gamma_T)$ верхним решением задачи (1)–(3) в Q_T , если

$$\begin{aligned} u_t &\geq \Delta u + a(x,t)u^r \int_{\Omega} u^p(y,t) dy - b(x,t)u^q, \quad (x,t) \in Q_T, \\ u(x,t) &\geq \int_{\Omega} k(x,y,t)u'(y,t) dy, \quad (x,t) \in S_T, \\ u(x,0) &\geq u_0(x), \quad x \in \Omega. \end{aligned} \quad (4)$$

Неотрицательную функцию $u(x,t) \in C^{2,1}(Q_T) \cap C(Q_T \cup \Gamma_T)$ назовем нижним решением задачи (1)–(3) в Q_T , если неравенства (4) выполнены с противоположным знаком. Функцию $u(x,t)$ будем называть решением задачи (1)–(3) в Q_T , если $u(x,t)$ одновременно является верхним и нижним решениями задачи (1)–(3) в Q_T .

Определение 2. Назовем решение $u(x,t)$ задачи (1)–(3) в Q_T максимальным, если для любого другого решения $v(x,t)$ задачи (1)–(3) в Q_T выполнено неравенство $v(x,t) \leq u(x,t)$, $(x,t) \in Q_T$.

Теорема 1. Для некоторого $T > 0$ задача (1)–(3) имеет максимальное решение в Q_T .

Теорема 2. Пусть $u_0(x)$ – нетривиальная функция в Ω , $k(x, \cdot, t) \not\equiv 0$ для любых $x \in \partial\Omega$, $t \in (0, T)$ и выполнено одно из следующих условий: $q \geq 1$ или $b(x,t) \equiv 0$ в Q_T или $l < 1$, $r + p < q < 1$, $a(x,t) > 0$ при $x \in \bar{\Omega}$ и $t \in [0, T)$. Предположим, что $u(x,t)$ – решение задачи (1)–(3) в Q_T . Тогда $u(x,t) > 0$ в $Q_T \cup S_T$.

В.А. Еровенко, М.В. Мартон

*Белорусский государственный университет,
г. Минск, Беларусь*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ В КОНЦЕПЦИИ ФУНДАМЕНТАЛИЗАЦИИ УНИВЕРСИТЕТСКОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Известно, что географическая наука возникла в античности, а затем интенсивно совершенствуясь, меняла структуру и предмет исследования в системе наук. Так, по мнению греческого ученого-энциклопедиста, а также математика и географа Эратосфена Киренского, жившего в III в. до н.э., география должна была описывать Землю, используя имеющийся в то время не только весь астрономический и географический опыт, но и все теоретические математические знания. «Использование математики и астрономии помогло Эратосфену определить дугу меридиана и наклон эклиптики Земли, довольно точно оценить величину земного шара и границы раздела ойкумены» [1, с. 4]. Добавим, что сам Эратосфен таким образом пытался обосновать представление о «геометрии пространства», разрабатывая и уточняя ради этого географические карты, анализируя расстояния, а также осуществляя «землеописание» вглубь территории.

Заметим также, что, хотя во времена Средневековья география как наука находилась тогда в упадке, впрочем, как и все остальные науки, в монастырских школах все же изучали отдельные географические знания, но подавались они под названием «геометрия», даже несмотря на то, что в их состав включались практические сведения о различных странах мира. Поэтому в наше время фундаментальное университетское географическое образование, вполне естественно, уже не представляется полноценным без освоения основ математического знания и использования математических методов и моделей в географических ис-

следованиях, не говоря уже о их важной методологической роли в моделировании разнообразных сложных природных, социальных, а также экономических процессов и явлений.

Благодаря математизации географии некоторые ученые выделяли новую методологическую дисциплину – «математическую географию», определяя круг ее проблемных вопросов, решаемых ею. Так, например, математик Б.Л. Гуревич и географ Ю.И. Саушкин, выражая сущность математической географии как методологической науки, по этому поводу в свое время писали: «Выражаясь более развернуто, под математической географией мы понимаем науку, изучающую математическим методом сложные динамические (т. е. изменяющие со временем свое состояние) пространственно (территориально и акваториально) размещенные системы, в которых соединены воедино прямыми и обратными связями – природа, производство, население (включая и его потребление)» [2]. Но, несмотря на близость и сопряженность теоретической и математической географии, теоретическая география шире и по объему, и по разнообразию используемых методов, чем упомянутая выше математическая география.

Заметим, что при включении математической составляющей задачно-ориентированного подхода в системную интеграцию математического и географического знания практически очень важная роль принадлежит также специальной дисциплине «Математические методы в географии», которая читается профессиональными географами на соответствующих выпускающих кафедрах. Кроме того, актуальной задачей математической составляющей фундаментального университетского географического образования является учебная проблема поддержания равновесия между формальной и неформальной составляющей научного знания, поскольку математическое образование в сущности заиклено на строгом логическом мышлении, поэтому некоторые студенты-географы считают, что география и математика не взаимосвязанные дисциплины. Школьная математическая подготовка студентов географического факультета тоже оставляет пока желать лучшего. Но может быть можно обойтись без понимания логики математического знания? Нет, нельзя! Поскольку

воспроизведение логики рассуждения вовсе не гарантирует понимания сути самого утверждения.

География является фундаментальной дисциплиной, поэтому курс высшей математики должен быть одним из основных в общей концепции фундаментализации университетского географического образования. «Фундаментализация географического образования – это тенденция распространения и углубления фундаментальной подготовки студентов при одновременном сокращении объема общих и обязательных дисциплин за счет более строгого отбора материала, системного анализа содержания и выделения основных инвариант» [3, с. 4995]. При преподавании нового курса высшей математики с основами информатики студентам-географам надо учитывать и индивидуально-психологические особенности мышления студентов, показывая им ценность математических знаний и их роль в практическом применении с помощью формирования положительной мотивации. Но, для успешного усвоения студентами высшей математики еще необходимо: донести основные теоретико-математические сведения; научить применять новые знания на практике; сформировать логическое и алгоритмическое мышление; развить умение самостоятельно разбираться в математических задачах, связанных с будущей специальностью, даже несмотря на социальные причины феномена «сопротивления математике».

Теоретическая география отличается «повышенной формализацией», характерной для всех естественнонаучных знаний, широко использующих математические методы. Некоторые студенты-географы, считают себя исключительно гуманитариями, как принято говорить, с «гуманитарным складом ума», и поэтому не обременяют себя новыми математическими знаниями. На протяжении всей учебы они стойко хранят верность только лишь «гуманитарной географии», а если изменяют ей, то с гуманитарным представлением о ненужности для них других фундаментальных наук, то есть в этой верности, можно сказать, что они «верны своей неверности».

Литература

1. *Гладкий А.В.* География в постнеклассическом мире: новые концепции и идеи географического пространства // Псковский региональный журнал. 2015. № 21. С. 3–16.
2. *Гуревич Б.Л., Саушкин Ю.Г.* Математический метод в географии // Вестник Московского университета. Серия 5. География. 1966. № 1. С. 3–28.
3. *Иванищева Н.А.* Фундаментализация географического образования в контексте парадигмы современной культуры знаний бакалавра // Фундаментальные исследования. 2015. № 2-22. С. 4992–4996.

УДК 510.2+101.1

Н.В. Михайлова

*Белорусский национальный технический университет,
г. Минск, Беларусь*

СИСТЕМНАЯ МЕТОДОЛОГИЯ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ

Системная методология претендует на некую универсальность в проблеме обоснования, которая особо проявляется в том, что системно-методологический подход к объекту исследования тождественен его целостности, выявление которой не обязано быть ограничено одним типом связей, а охватывает всю их совокупность. Системная методология в анализе математических теорий эксплицирует реальную самооценку математических методов проблемного обучения, углубляя философско-методологическое понимание математического взгляда на мир.

Следует также отметить, что системная методология видоизменяет философские взгляды и на методологическую проблему целостности объектов исследования, поскольку системная методология в проблеме обоснования дополняет также изучение це-

лостности системы обоснования математики анализом дифференциации направлений обоснования, так как для каждого уровня дифференциации должен существовать еще и некий минимальный уровень такой интеграции [1]. Но в чем конкретно состоит и выражается методологическая природа системной методологии? Прежде всего в том, что она в развернутой форме выражает требование нового, по сравнению с предшествующими, подхода к объекту изучения, хотя системный подход сам по себе не дает решения образовательных проблем непосредственно, он способствует постановке новых проблем. С точки зрения анализа проблемы обоснования востребованности и практической необходимости университетских курсов высшей математики, детализация их методологических функций, реализуемых с помощью новой системной методологии, связана с ее двойственной сущностью в научном познании. С одной стороны, системная методология представляет собой общенаучную методологию, которая явно развивается под воздействием потребностей математического мышления в целом. С другой стороны, методологическая эффективность системного подхода измеряется тем, в какой мере она способствует реальному развитию конкретных предметов исследования.

При преподавании высшей математики в техническом университете в учебную литературу стал проникать своеобразный профессиональный «пафос обоснования», что по сути отвлекало от подлинного содержания, затемняя и приглушая свойственные математике естественнонаучные и практические мотивировки. В таком контексте основная цель проблемного обучения высшей математике состоит не только в пробуждении интереса студентов к самостоятельным занятиям математики, но и в направлении их на продуктивные и неоднозначные поиски истины при решении проблемно-ориентированных задач, используя для этого интеллектуальные и даже эмоциональные ресурсы, способствующего лучшему восприятию, запоминанию и осмыслению математического материала. Как отмечает видный специалист в области проблемного обучения высшей математике профессор О.В. Зимина: «В обучении, в отличие от производственной и исследовательской деятельности, проблемные ситуации приходится выявлять, т. е. делать явными и ощутимыми для учащихся, в том числе, на

уровне эмоций» [2, с. 67]. Дело в том, что акцентирование на абстрактно-логической форме изложения математического материала на примере обучения математическому анализу приводит к искажению когнитивных практик образования и к нарушению методологического баланса между рациональными и эмоциональными сферами проблемного обучения.

Применяемая к проблемному обучению курса высшей математики системная методология вытекает из гносеологических предпосылок проблемно-ориентированного подхода к генезису математических теорий, понимаемых как активно развивающиеся системы. Например, системная методология в обосновании математических теорий, по сути представляет собой философски развернутый процесс восхождения от абстрактного к проблемно-ориентированному обоснованию математики. В практически важном аспекте философию современного математического образования в техническом университете можно также определить, как самостоятельную область общефилософского знания, предметом которой являются общие закономерности развития проблем образования и воспитание на их основе методологического умения математически исследовать практические задачи. Такие способности и умения будут способствовать отчетливому выражению мысли даже в любой области знания, то есть, иначе говоря, математическая образованность в профессиональной деятельности нужна для интеллектуального развития личности [3]. Поэтому возрастает интерес к обоснованию образовательных парадигм, который актуализируется в связи с проблемно-ориентированным обучением высшей математике. Это по существу и есть реальная перспектива проблемного обучения высшей математике в техническом университете, а также его востребованности в философии современного математического образования, как неотъемлемой черты познания, а появление новой концепции проблемного обучения или модификация известных методических подходов будет характеризовать практический, чем собственно математический тип мышления.

Хотя цели математического образования в философском контексте «математической образованности» подвижны во времени, основной целью математического образования студентов

технического университета в духе методологического прагматизма должно по сути стать воспитание особого специфического и методологического умения математически исследовать практически ориентированные задачи. Для этого необходимо обратить внимание на взаимодействие и синтез когнитивных практик, для которых в системе современного математического образования ведущую роль играет целеполагающий выбор специальных проблемно-ориентированных задач при достижении широко декларируемой образовательной цели.

Литература

1. *Михайлова Н.В.* Системно-методологический подход к проблеме обоснования математики // Вестник Вятского государственного гуманитарного университета. 2016. № 4. С. 24–28.
2. *Зимина О.В.* Проблемное обучение высшей математике в технических вузах // Математика в высшем образовании. 2006. № 4. С. 55–78.
3. *Михайлова Н.В.* «Мир математического знания» и его экспликация в философии образования // Alma mater. 2016. № 3. С. 15–18.

УДК 51-7:004.942

К.Ю. Галаган, А.Г. Масловская

*Амурский государственный университет,
г. Благовещенск, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТОВ ТЕОРИИ ФРАКТАЛОВ И МУЛЬТИФРАКТАЛОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ВАЛЮТНЫХ РЫНКОВ

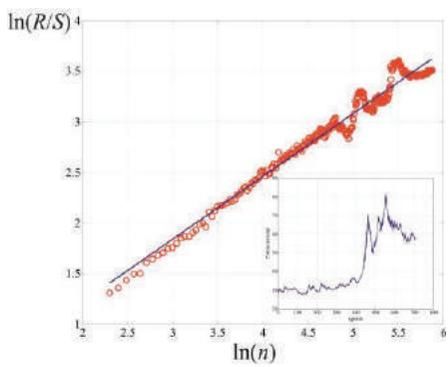
Динамические изменения экономических показателей финансовых рынков, определяемые временными рядами, представляют объекты, для исследования которых эффективно применяют целый спектр методов анализа. Классические подходы дают низкую достоверность, поскольку не учитывают смешанную природу

экономических показателей. В качестве альтернативной концепции эффективного рынка была предложена гипотеза фрактального рынка [1]. Фрактальная размерность дает количественную характеристику самоподобного процесса и позволяет оценить повторяемость статистических характеристик при вариации масштаба измерения [2], а для мультифракталов – рассчитать спектр размерностей [3; 4]. В связи с чем, настоящая работа направлена на разработку программной поддержки для проведения комплексного фрактального и мультифрактального анализа временных рядов с целью дальнейшего изучения динамики валютных рынков.

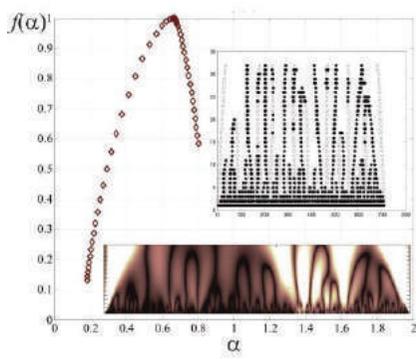
Для расчета фрактальной размерности временного ряда проведена программная реализация метода Херста или R/S -анализа [2]. Метод R/S -анализа позволяет определить показатель Херста H , для которого выделяют три характерных динамики ряда: 1) интервал $0.5 < H < 1$ соответствует персистентному поведению: трендоустойчивость поведения увеличивается при приближении H к единице; 2) при $H = 0.5$ события случайны и некоррелированные; 3) диапазон $0 < H < 0.5$ соответствует антиперсистентным рядам. В качестве альтернативного подхода рассмотрен также метод Фурье [2].

Более информативным методом исследования количественных характеристик анализируемых данных служат мультифрактальные методы. Методы мультифрактального анализа являются перспективным инструментом исследования поведения сложных систем и позволяют получить непрерывный спектр фрактальных размерностей $f(\alpha)$. Реализованы метод мультифрактального флуктуационного анализа (МФФА) [3] и метод максимумов модулей коэффициентов вейвлет-преобразований (ММВП) [4]. В качестве программной поддержки предложен набор программ, реализующий указанные методы, объединенный в единый комплекс. Программные модули реализованы в ППП Matlab. Результаты работы комплекса верифицированы с использованием сгенерированных временных рядов с априорно заданной фрактальной размерностью. Метод Херста дает количественное согласование результата с точностью до 0.01, метод Фурье является менее точным и дает погрешность 0.1.

Для анализа рассмотрены временные ряды, представляющие собой динамические изменения валютных котировок «доллар/рубль» за период 2010–2017 гг. по данным ЦБ РФ (<https://www.cbr.ru/>). Пример применения фрактальных методов анализа динамики валютного курса показан на рис. Значение показателя Херста равно $H = 0.62$ и соответственно – фрактальная размерность ряда $D = 1.38$. Результат R/S -анализа дает основание утверждать, что ряд формально находится в персистентном интервале, однако его отклонение от «случайного» ряда с $H = 0.5$ не является существенным. В то же время, валютный курс характеризуется достаточно узким спектром фрактальных размерностей с шириной $\Delta\alpha \approx 0.6$.



а



б

Результат R/S -анализа (а) и результат ММФА (и на вставке – скелетон ряда, полученный ММВП и линии локальных экстремумов) (б)

Таким образом, в работе представлено программное приложение, которое позволяет проводить анализ скейлинговых характеристик динамики валютных курсов на основе широко ряда методов фрактального и мультифрактального анализа.

Литература

1. Петерс Э. Фрактальный анализ финансовых рынков. М.: Интернет-трейдинг, 2004.
2. Божокин С.В., Паршин Д.А. Фракталы и мультифракталы. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001.
3. Kantelhardt J.W. Fractal and multifractal time series. Halle-Wittenberg: Institute of Physics, Martin-Luther-University (Germany), 2010.
4. Павлов А.Н., Анищенко В.С. Мультифрактальный анализ сложных сигналов // УФН. 2007. Т. 177, № 8. С. 859–872.

УДК 539.3

А.В. Ермоленко

*Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,
г. Сыктывкар, Россия*

УРАВНЕНИЯ ТИПА КАРМАНА – ТИМОШЕНКО – НАГДИ, ОРИЕНТИРОВАННЫЕ НА РЕШЕНИЕ КОНТАКТНЫХ ЗАДАЧ

Классическая теория изгиба плоских пластин основывается на т.н. гипотезах Кирхгофа. Одним из недостатков названной теории является то, что при решении контактных задач на границе зоны взаимодействия возникают сосредоточенные силы.

К.Ф. Черныхом, используя условия равновесия бесконечно малого элемента, в работе [1] построена квазикирхгофовская теория оболочек, учитывающая поперечное обжатие путем ввода дополнительных неварьируемых параметров. В работе [2], используя вариационное уравнение Лагранжа, построена теория пластин типа Кармана – Тимошенко – Нагди, которая уточняет ква-

зикархгофовскую теорию К.Ф. Черныха за счет учета поперечных сдвигов по линейной теории и вариаций параметров поперечного обжатия.

Название теории связано с именами С.П. Тимошенко и П. Нагди. На необходимость учета деформаций поперечного сдвига при колебаниях балок указал С.П. Тимошенко в монографии [3]. Что же касается поперечного обжатия, то его учет в теории оболочек впервые, видимо, осуществил П. Нагди [4], который постулировал линейный закон изменения тангенциальных перемещений и напряжений по толщине пластины, а прогиб задавал квадратичной параболой.

Используя уравнения типа Кармана – Тимошенко – Нагди, решен ряд контактных задач со свободной границей, см., например, [1]. Было показано, что при использовании названной теории контактные реакции не содержат сосредоточенные усилия. При этом было замечено, что при решении контактных задач востребованы величины, приведенные к той или иной лицевой поверхности, при этом величины, приведенные к срединной поверхности, не нужны.

С учетом сказанного выше в работе [5] построен вариант теории типа Кармана – Тимошенко – Нагди, разрешающие уравнения которой могут быть приведены к произвольной базовой поверхности, характеризующейся параметром b , и имеют следующий вид:

$$\begin{aligned}
 D\Delta^2 w &= q_n - h_w^2 \Delta q_n + (I - h_\psi^2 \Delta)L(\Phi, w) \\
 \frac{1}{Eh} \Delta^2 \Phi &= \frac{\nu}{Eh} \Delta m_n - \frac{1}{2} L(w, w) \\
 \Psi_{\alpha, \alpha} &= -\frac{1}{\mu h} (q_n + L(\Phi, w))
 \end{aligned}$$

Здесь w – прогиб, Φ – функция напряжения, ψ_i – поперечные сдвиги; E , ν – модуль Юнга и коэффициент Пуассона материала, h – толщина пластины, $D = Eh^3 / 12(1 - \nu^2)$ – цилиндрическая жесткость; I – тождественный оператор, Δ – оператор Лапласа;

$$L(\Phi, w) = \Phi_{,11}w_{,22} - 2\Phi_{,12}w_{,12} + \Phi_{,22}w_{,11}, w_{,1} = \frac{\Delta w}{\partial x_1};$$

$q_n = q_n^+ - q_n^-$ – нормальная нагрузка на срединную поверхность;
 $m_n = \frac{1}{2}(\overset{\circ}{h}+b)q_n^+ + \frac{1}{2}(\overset{\circ}{h}-b)q_n^-$ – нагрузочный (или фиктивный) момент нормальной поверхностной нагрузки; q_n^+, q_n^- – нагрузки, действующие на лицевые поверхности пластины.

Данные уравнения по внешнему виду совпадают с уравнениями статьи [3]. Однако при этом под w понимается прогиб некой базовой поверхности, а и параметры, связанные с учетом поперечных сдвигов и обжатия, определяются так:

$$h_{\Psi}^2 = \frac{\overset{\circ}{h}^2}{6(1-\nu)}, \quad h_*^2 = \frac{3\nu b^2 - \overset{\circ}{h}^2(3\nu-4)}{24(1-\nu)}.$$

Литература

1. Черных К.Ф. Нелинейная теория упругости в машиностроительных расчетах. Л.: Машиностроение, 1986. 336 с.
2. Михайловский Е.И., Бадюкин К.В., Ермоленко А.В. Теория изгиба пластин типа Кармана без гипотез Кирхгофа // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1. Мат. Мех. Инф. 1999. Вып. 3. С. 181–202.
3. Тимошенко С.П. Курс теории упругости, ч II. Стержни и пластинки. Петроград: Изд-во ин-та инж. путей сообщения, 1916. 2-е изд. Киев: Наукова думка, 1972. 507 с.
4. Naghdi P.M. On the theory of thin elastic shells // Quarterly of Applied Mathematics. 1957. Vol. 14. № 4. P. 369–380.
5. Ермоленко А.В. Теория плоских пластин типа Кармана – Тимошенко – Нагди относительно произвольной базовой плоскости // В мире научных открытий. 2011. № 8.1 (20). С. 336–347.

М.Н. Юркина

*Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,
г. Сыктывкар, Россия*

ДАМАССКИЕ НЕРАВЕНСТВА С ОГРАНИЧЕНИЯМИ НА СУММУ ПЕРЕМЕННЫХ

Работа посвящена максимизации (минимизации) функции

$$f(x_1) + f(x_2) + \dots + f(x_n)$$

при ограничении

$$x_1 + x_2 + \dots + x_n = 1, \quad x_i \geq 0, \quad i \in 1:n. \quad (1)$$

В работе [1] рассматривается ряд неравенств при $n = 3$, которые также будем называть дамасскими и рассматривать их при ограничениях (1). Тогда работает метод касательных, который заключается в построении касательной $L(x)$ к графику функции

$f(x)$ в точке $\frac{1}{n}$:

$$L(x) = f\left(\frac{1}{n}\right) + f'\left(\frac{1}{n}\right) \cdot \left(x - \frac{1}{n}\right).$$

Теорема.

(i) Если $f(x) \leq L(x)$ для всех $x \in [0; 1]$, то при ограничениях (1) справедливо неравенство

$$f(x_1) + \dots + f(x_n) \leq nf\left(\frac{1}{n}\right); \quad (2)$$

(ii) Если $f(x) \geq L(x)$ для всех $x \in [0; 1]$, то при ограничениях (1) справедливо неравенство

$$f(x_1) + \dots + f(x_n) \geq nf\left(\frac{1}{n}\right); \quad (3)$$

Приведем ряд примеров при $n = 3$, предложенных в [1] при других ограничениях. Будем рассматривать неотрицательные пе-

ременные x, y, z для которых $x + y + z = 1$. Функции не являются выпуклыми или вогнутыми, поэтому проверять неравенства $f(x) \leq L(x)$ или $f(x) \geq L(x)$ приходится непосредственно.

Для функции $f(x) = \frac{x-1}{x^2-x+1}$ на рассматриваемом интервале разность $f(x) - L(x)$ неотрицательна. Откуда согласно теореме получается следующее неравенство:

$$f(x) + f(y) + f(z) \geq 3f\left(\frac{1}{3}\right) = -\frac{18}{7}.$$

Аналогичным образом получаем следующие неравенства:

$$\begin{aligned} \frac{1}{x^2-x+1} + \frac{1}{y^2-y+1} + \frac{1}{z^2-z+1} &\leq \frac{27}{7}; \\ \frac{x-1}{x^2+x+1} + \frac{y-1}{y^2+y+1} + \frac{z-1}{z^2+z+1} &\leq -\frac{18}{13}; \\ \frac{1}{x^2+x+1} + \frac{1}{y^2+y+1} + \frac{1}{z^2+z+1} &\geq \frac{27}{13}; \\ \frac{x}{x^2+x+1} + \frac{y}{y^2+y+1} + \frac{z}{z^2+z+1} &\leq \frac{9}{13}; \\ \frac{x+1}{x^2+x+1} + \frac{y+1}{y^2+y+1} + \frac{z+1}{z^2+z+1} &\leq \frac{36}{13}. \end{aligned}$$

Все неравенства обращаются в равенства при $x = y = z = \frac{1}{3}$.

Литература

1. *Dannan F.M., Sitnik S.M.* The Damascus inequality // *Probl. Anal. Issues Anal.* 2016. Vol. 5(23), № 2. P. 3–19.

А.К. Гуц, Д.Н. Лавров

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

Flood-АТАКИ НА КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕРВЕРЫ КАК КАТАСТРОФЫ ТИПА A_8

В статье [1] авторы дали описание DDoS-атаки как катастрофы типа «сборка». Это описание не учитывало наличие семи уровней взаимодействия сетевых устройств в модели OSI и того, что пакеты-запросы, поступающие в составе трафика τ , в своем формате отражают все семь уровней. Обозначим через $x(t)$ число откликов на пакеты-запросы в момент времени t . Тогда

$$x(t+1) = x(t) + f[x(t)] + \tau, \quad (1)$$

где $f[x(t)]$ – результат работы системы по обработке запросов на момент t .

В уравнении отражено требование, что больший трафик требует нарастания числа откликов на запросы. Примем для простоты, что $f[x(t)] = kx(t)$, где k – величина, определяющая производительность системы. Полагаем, что $k = \{p - g[x(t)]\}$, сводящееся к средней скорости обработки входящих пакетов p с учётом её падения или увеличения в зависимости от объёма занятых ресурсов. Поступающий запрос в процессе декапсуляции обрабатывается на всех уровнях модели OSI. Кроме того, атаки могут производиться одновременно на протоколы всех семи уровней. Учтём это, полагая, что $g[x(t)] = x(t)^7$. Значит,

$$x(t+1) = x(t) + [(p - p_0) - x^7(t)]x(t) + (\tau - \tau_0), \quad (2)$$

где τ_0 и p_0 характерные для сервера величины трафика и производительности. Дискретному уравнению (2) отвечает уравнение

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{\partial}{\partial x}V(x, p, \tau), \quad V(x, p, \tau) = \frac{1}{9}x^9 - \frac{1}{2}(p - p_0)x^2 - (\tau - \tau_0)x.$$

Это говорит о том, что число откликов при малых изменениях трафика и производительности может претерпевать катастрофические скачки, соответствующие структурно неустойчивой функции $V(x, p, \tau)$, описываемые катастрофой типа A_8 в рамках математической теории катастроф.

Литература

1. Гуц А.К., Лавров Д.Н. Описание DDoS-атаки с помощью катастрофы «сборка» // Математические структуры и моделирование. 2013. Вып. 27. С. 42–45.

УДК 519.214

А.Г. Гринь

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПРЕДЕЛЬНАЯ ТЕОРЕМА ДЛЯ СИММЕТРИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ ОТ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН

Пусть при каждом определена симметрическая вещественнозначная функция, то есть $f(x_1, x_2, \dots, x_n) = f(x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_n})$ для любых $x_1, x_2, \dots, x_n \in \mathbb{R}$ и для любой перестановки i_1, \dots, i_n множества $\{1, 2, \dots, n\}$ Будем писать $\overset{d}{\xi} \underset{d}{=} \eta$, $\overset{d}{\xi}_n \rightarrow \eta$, $\overset{d}{\xi}_n \underset{d}{\sim} \eta_n$ в случаях, когда, соответственно, распределения ξ и η совпадают, ξ_n сходится к η по распределению и когда последовательности ξ_n и η_n слабо эквивалентны (см., например, [1]).

Следуя [2], назовем $\{b_n\}$ правильно меняющейся последовательностью порядка ρ , если $b_{[x]}$ является правильно меняющейся функцией порядка ρ , где $[x]$ – целая часть x . Через $\hat{\xi}_1, \dots, \hat{\xi}_n$ будем обозначать независимые случайные величины такие, что $\hat{\xi}_k \stackrel{d}{=} \xi_k, k = 1, \dots, n$.

Пусть $\{\xi_n\}$ – стационарная последовательность и пусть $X_n = f(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n), a_n = EX_n, b_n^2 = EX_n^2, n = 1, 2, \dots$, а $N(0, 1)$ обозначает случайную величину с нормальным распределением с параметрами 0 и 1.

Если $b_n^{-1}(X_n - a_n) \xrightarrow{d} N(0, 1), n \rightarrow \infty$ то будем говорить, что к последовательности $\{X_n\}$ применима центральная предельная теорема.

Скажем, что последовательность $\{\xi_n\}$ удовлетворяет условию (R), если

$$\frac{X_{n+m}}{b_{n+m}} \stackrel{d}{\sim} \frac{\hat{X}_n}{b_{n+m}} + \frac{\hat{X}_m}{b_{n+m}}, n + m \rightarrow \infty.$$

(Символ $n + m \rightarrow \infty$ означает, что $n \rightarrow \infty$, а $m = m(n)$ произвольная последовательность натуральных чисел).

Если $\{b_n\}$ является правильно меняющейся последовательностью порядка $1/2$ и $b_{n+m}^{-1}(a_n + a_m - a_{n+m}) \rightarrow 0, n + m \rightarrow \infty$ то будем говорить, что выполнены условия нормировки (N).

Теорема.

Пусть $\{\xi_n\}$ – стационарная последовательность и пусть $EX_n^2 < \infty$.

Для того, чтобы к последовательности $\{X_n\}$ была применима центральная предельная теорема и выполнялись условия

нормировки (N) необходимо и достаточно, чтобы выполнялось условие (R) и последовательность $\{b_n^{-2}(X_n - a_n)^2\}$ была равномерно интегрируема.

Этот результат в случае, когда $X_n = S_n = \sum_{k=1}^n \xi_k$ получен в [3], и условие (R) интерпретировалось там, как минимальное условие слабой зависимости, при котором к последовательности $\{\xi_n\}$ применима центральная предельная теорема. В данной работе условие (R) не только задает некоторое условие слабой зависимости, но и накладывает весьма жесткие ограничения на вид функции f , означающие, по сути, что $X_n = f(\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n)$ слабо эквивалентно некоторой сумме независимых случайных величин. Тем не менее, (R) является одним из необходимых и достаточных условий и в этом смысле его можно считать минимальным.

Литература

1. Лозв М. Теория вероятностей. М.: ИЛ, 1962.
2. Сенета Е. Правильно меняющиеся функции. М.: Наука, 1985.
3. Гринь А.Г. О минимальном условии слабой зависимости в центральной предельной теореме для стационарных последовательностей // Теория вероятностей и ее применения. 2002. Т. 47, № 3. С. 554–558.

УДК 004.053

Е.А. Тюменцев

*Hello World! Technologies,
г. Омск, Россия*

ФОРМАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБСТРАКЦИИ

Понятие абстракции играет важную роль в программировании. Но, как замечено в [1], его изучение и понимание вызывает

определенные трудности. На наш взгляд, возможная причина заключается в неформальном характере наиболее популярных определений. В работе предлагается формальное определение абстракции, а также рассматривается ряд результатов, полученных с помощью данного определения.

Определение 1. (Формальное определение абстракции).

Пусть Σ – произвольный алфавит символов, $A \subset \Sigma^*$ – произвольное подмножество множества всех слов Σ^* в алфавите Σ , X – некоторое множество. Тогда сюръективное отображение

$$F: X \rightarrow A$$

называется абстрагированием множества X над алфавитом Σ , или, кратко абстрагированием множества X , если это не вызывает разночтений. При этом элементы множества X называются сущностями, а элементы множества A – абстракциями.

Абстрагирование определяет отношение эквивалентности на множестве сущностей относительно множества абстракций. Отношение эквивалентности задает барьер абстракции, т. е. в силу ограниченного числа выделенных характеристик сущности несколько сущностей становятся неразличимыми с точки зрения абстракции.

Если множество сущностей является носителем некоторой алгебраической системы, то отношение эквивалентности может быть конгруэнцией.

Например, абстрагирование $Integer: \mathbb{Z} \rightarrow int$ – отображение кольца целых чисел на множество чисел int языка программирования C++ определяет конгруэнцию на \mathbb{Z} . Заметим, что $Integer$ не является инъективным. Другими словами, проблема переполнения означает, что соответствующее абстрагирование является гомоморфизмом, но не изоморфизмом.

Определение 2. (Абстрагирование с обобщением). Пусть Σ – произвольный алфавит символов. Предположим, что $F: X \rightarrow A$ – абстрагирование множества X над алфавитом Σ . Тогда F называется абстрагированием с обобщением, если и только если

$$\exists x, y \in X: F(x) = F(y).$$

Утверждение 1. Пусть w – некоторое слово в алфавите Σ , $F: X \rightarrow A$ – абстрагирование множества X над алфавитом Σ . Предположим, что w содержит все абстракции из множества A . Тогда

- 1) либо F является абстрагированием с обобщением,
- 2) либо A – конечное множество,
- 3) либо F – не всюду определенное на множестве X отображение.

Утверждение 2. Пусть $F: X \rightarrow A$ – абстрагирование с обобщением множества X над алфавитом Σ , причем $|A| > 1$. Предположим, что Y – множество, такое что $|Y| > 1$, $id: Y \rightarrow AY$ – взаимнооднозначное абстрагирование множества Y над алфавитом Σ . Тогда существует такое отображение $G: X \rightarrow Y$, для которого не существует $g: A \rightarrow AY$, чтобы следующая диаграмма была коммутативной:

$$\begin{array}{ccc} X & \xrightarrow{F} & A \\ G \downarrow & & \downarrow g \\ Y & \xrightarrow{id} & AY \end{array}$$

Одним из следствий данного утверждения является: использование в программе оператора `if` приводит к тому, что существует отображение, определенное на множестве сущностей, которое нельзя будет реализовать без изменения этого оператора `if`.

Сегодня в среде программистов принято считать, что правки в коде провоцируются изменениями бизнес-требований. Утверждение 2 показывает, что причиной правок кода могут быть неверно выбранные абстракции, а изменение бизнес-требований лишь создает ситуации, в которых эти ошибки становятся очевидными. А, как было показано в [2], изменения в программном коде, могут быть причиной падения скорости разработки на проекте с увеличением кодовой базы.

Литература

1. Hazzan O. Reflections on Teaching Abstraction and other Soft Ideas ACM SIGCSE Bulletin. 2008. Vol. 40(2). P. 40–43.
2. Тюменцев Е.А. О формализации процесса разработки программного обеспечения // Математические структуры и моделирование. 2017. № 3 (43). С. 96–107.

А.Н. Романов

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ТИПЫ ПРОСТРАНСТВ С БЕСКОНЕЧНЫМИ ЛОРЕНЦЕВЫМИ РАССТОЯНИЯМИ

В работе рассматриваются пространства, наделенные лоренцевой метрикой. Исследование направлено на изучение причин возникновения бесконечных лоренцевых расстояний в подобных пространствах. В приложениях лоренцевой геометрии присутствует идея отождествления лоренцева расстояния с собственным временем, которое проживает объект, движущийся по некоторой пространственно-временной траектории.

Первый тип пространств характеризуется наличием замкнутых времениподобных кривых. Лоренцево расстояние между любыми двумя точками, лежащими на такой кривой, равно бесконечности: $d(a,b) = \infty$. Такие пространства не являются хронологическими.

Второй тип: пространства содержат одно или несколько непрерывных множеств замкнутых изотропных кривых. Непрерывность понимается здесь в смысле C^0 топологии на кривых. Причиной возникновения бесконечных лоренцевых расстояний служит поведение метрики в области, состоящей из замкнутых изотропных кривых.

Третий тип: пространства содержат замкнутые изотропные кривые, изолированные от себе подобных. Причиной возникновения бесконечных лоренцевых расстояний между некоторыми точками служит экстремальное поведение метрики в непосредственной близости от замкнутой изотропной кривой.

Четвертый тип: пространства не содержат замкнутых причинных кривых, однако могут содержать захваченные (в про-

шлом или будущем) причинные кривые, то есть допустимо явление захвата. Такие пространства являются причинными, но не являются ни устойчиво причинными, ни сильно причинными, то есть малые изменения метрики могут приводить к замкнутым причинным кривым. Как раз из-за таких неустойчиво причинных областей и возникают бесконечные лоренцевы расстояния.

Пятый тип пространств характеризуется совместными условиями, складывающимися в топологической и причинной структуре пространства. При наличии в пространстве-времени некоторых вырезанных (замкнутых) областей, поведение метрики может быть такой, чтобы в достаточной близости к такой области коэффициенты метрики принимали бы бесконечно большие значения, что в свою очередь приводило бы к бесконечности лоренцева расстояния между некоторыми точками данного пространства-времени.

Литература

1. Бил Дж., Эрлих П. Глобальная лоренцева геометрия. М.: Мир, 1985.
2. Романов А.Н. Отображения пространства-времени и условия причинности // Тезисы докладов конференции по Анализ и Геометрии. ИМ СО РАН. Новосибирск, 2004. С. 219.

УДК 517.936:977.1

О.В. Храмов

*Витебский государственный университет им. П.М. Машерова,
г. Витебск, Беларусь*

УПРАВЛЯЕМОСТЬ ВПОЛНЕ ИНТЕГРИРУЕМЫХ ЛИНЕЙНЫХ СТАЦИОНАРНЫХ СИСТЕМ ПФАФФА

Рассматривается процесс, описываемый вполне интегрируемой линейной системой Пфаффа класса Θ_1 [1]

$$dx = (A_1x + B_1u(s))ds_1 + (A_2x + B_2u(s))ds_2,$$

$$s = (s_1, s_2) \in R^2, \quad x \in R^n, \quad u \in R^r, \quad (1)$$

для которой выполнены условия полной интегрируемости [3] системы (1) и согласованности рангов [1]:

$$A_1 A_2 = A_2 A_1, \quad (2)$$

$$B_1 \frac{\partial u}{\partial s_2} - B_2 \frac{\partial u}{\partial s_1} = Pu, \quad P \equiv A_2 B_1 - A_1 B_2. \quad (3)$$

$$\text{rank}[B_1, B_2] = \text{rank}[B_1, B_2, P] = m, \quad m \leq r,$$

$$\exists \alpha \in R^1 : \text{rank}[\alpha B_1 + (1 - \alpha) B_2] = m. \quad (4)$$

Выполнение условий (2), (3) означает, согласно теории систем Пфаффа, что система (1) находится в инволюции [4, с. 176] и не требует продолжения [4, с. 287] в инволюцию.

Рассмотрим свойства управляемости систем Пфаффа (1) в смысле следующих определений.

Определение 1 [1]. Система (1) называется вполне управляемой, если для произвольных состояний $x^0, x^1 \in R^n$ существуют точка $s^1 = (s_1^1, s_2^1)$, $0 < s_1^1, s_2^1 < \infty$, и непрерывно дифференцируемое управление $u = u(s, x^0, x^1)$ такие, что для некоторого решения системы (1) выполняются условия

$$x(0) = x^0, \quad (5)$$

$$x(s^1) = x^1. \quad (6)$$

Определение 2 [2]. Система (1) называется вполне непрерывно управляемой, если для произвольного состояния $x^0 \in R^n$ и произвольной аналитической ограниченной вектор функции φ существует интервал I , конечный момент $s_2^0 > 0$ и непрерывно дифференцируемое управление $u = u(s, x^0, \varphi)$ такие, что для некоторого решения системы (1) наряду с условием (5) выполняется условие

$$x(s_1, s_2^0) = \varphi(s_1), \quad s_1 \in I = (a, b), \quad (7)$$

Определение 3 [2]. Система (1) называется вполне максимально управляемой, если для произвольных состояний $x^0, x^1 \in R^n$ и произвольной аналитической ограниченной функции φ

существуют точка $s^1 = (s_1^1, s_2^1)$, $0 < s_1^1, s_2^1 < \infty$, момент $s_2^0 > 0$, интервал $I = (a, b)$ и непрерывно дифференцируемое управление $u = u(s, x^0, x^1, \varphi)$ такие, что для некоторого решения φ системы (1) наряду с условием (5) выполняются условия (6) и (7)

Пусть число $q = r - m$. Класс систем Пфаффа Θ_1 разбивается на три класса: класс Θ_{11} в случае $q = 0$, т. е. $m = r$; класс Θ_{12} в случае $m = q$; класс Θ_{13} в случае $m > q$. Рассмотрим свойства управляемости систем Пфаффа в каждом классе. В работе [1] получен критерий полной управляемости систем Пфаффа всего класса Θ_1 .

Теорема 1. Система Пфаффа класса Θ_1 вполне управляема тогда только тогда, когда

$$\exists \alpha \in R^1 : \text{rank} Q(\alpha) = n,$$

где

$$Q(\alpha) \equiv [B(\alpha), A(\alpha)B(\alpha), \dots, A^{n-1}(\alpha)B(\alpha)],$$

$$B(\alpha) \equiv \alpha B_1 + (1 - \alpha)B_2,$$

$$A(\alpha) \equiv \alpha A_1 + (1 - \alpha)A_2.$$

В данной работе изучаются свойства полной континуум и полной максимальной управляемостей. Например, имеют место теоремы

Теорема 2. Система Пфаффа (1) класса Θ_{12} вполне континуум управляема тогда и только тогда, когда

$$\exists \alpha \in R^1 : \text{rank} Q_2(\alpha) = n,$$

где

$$Q_2(\alpha) \equiv [B, A_2(\alpha)B, \dots, A_2^{n-1}(\alpha)B], \quad A_2(\alpha) \equiv \alpha A_1 + A_2. \quad (8)$$

Теорема 3. Система Пфаффа (1) класса Θ_{12} вполне максимально управляема тогда и только тогда, когда выполняется условие (8).

Отметим, что вполне управляемые системы класса Θ_{11} не являются континуум управляемыми.

Литература

1. *Храмцов О.В.* К управляемости стационарных систем Пфаффа // Дифференциальные уравнения. 1985. Т. 21, № 11. С. 1933–1939.
2. *Храмцов О.В.* Задача континуум управляемости линейных стационарных систем Пфаффа // Веснік ВДУ. 2010. № 3. С. 54–59.
3. *Гайшун И.В.* Вполне разрешимые многомерные дифференциальные уравнения. Минск: Наука и техника, 1983.
4. *Фиников С.П.* Метод внешних форм Картана. М.; Л.: ОГИЗ, 1948.

УДК 512.57

А.Н. Кабанов

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ГИПЕРЦЕНТР ГРУППЫ УНИТРЕУГОЛЬНЫХ АВТОМОРФИЗМОВ СВОБОДНОЙ АЛГЕБРЫ ЛЕЙБНИЦА

В статье автора [1] описывалось строение гиперцентральной серии подгруппы унитарных автоморфизмов, выделяемой в группе всех автоморфизмов свободной метабелевой алгебры Ли. В работах автора [2; 3] описывалось строение гиперцентральной серии аналогичной подгруппы свободной алгебры Ли. В работе [4] автор представил частичное описание центральной серии аналогичной подгруппы свободной алгебры Лейбница, являющейся обобщением понятия алгебры Ли.

Напомним, что неассоциативная алгебра L над полем F с билинейным произведением $[\cdot, \cdot]$ называется (правой) алгеброй Лейбница, если для любых элементов $x, y, z \in L$ выполняется (правое) тождество Лейбница:

$$[[x, y], z] = [x, [y, z]] + [[x, z], y].$$

Или, что то же самое,

$$[x, [y, z]] = [[x, y], z] - [[x, z], y].$$

Отсюда видно, что $[x, [y, y]] = 0$.

Из тождества Лейбница также следует, что любой элемент алгебры L можно представить, как линейную комбинацию элементов вида $[[[[a, b], c], d], \dots]$, поэтому для краткой записи будем опускать скобки, положив

$$[[a, b], c] = abc.$$

Более того, примем записи

$$[[a, b], b] = ab^2, [[[[a, b], b], b] = ab^3 \text{ и т. п.}$$

Пусть L_n – свободная алгебра Лейбница над полем F с множеством свободных порождающих $X_n = \{x_1, \dots, x_n\}$.

Выделим в группе $\text{Aut } L_n$ всех автоморфизмов алгебры L_n подгруппу U_n , порожденную автоморфизмами вида:

$$\tau_i(y_i): \begin{cases} x_i \rightarrow x_i + y_i, \\ x_j \rightarrow x_j, j \neq i, \end{cases}$$

где y_i принадлежит подалгебре, порожденной x_{i+1}, \dots, x_n . Такая подгруппа называется группой унитарных автоморфизмов алгебры L_n .

Для краткости будем записывать произвольный автоморфизм φ свободной алгебры L_n как $\varphi = (f_1, f_2, \dots, f_n)$, где $\varphi(x_i) = f_i$, $i = 1, \dots, n$.

Тогда произвольное отображение вида:

$$\varphi = (x_1 + f_1(x_2, \dots, x_n), \dots, x_i + f_i(x_{i+1}, \dots, x_n), \dots, x_n)$$

определяет автоморфизм из U_n , и группа U_n состоит из всех таких автоморфизмов.

Для $1 \leq k \leq n - 3$ Выделим в группе U_n следующие подгруппы $Z_{k\omega+\alpha}$ ($1 \leq \alpha \leq \omega$), состоящие из автоморфизмов вида

$$(x_1 + f_1(x_{n-k-1}, \dots, x_n), \dots, x_n),$$

причем в одночленах многочлена f_1 элемент x_{n-k-1} встречается не более, чем $\alpha - 1$ раз.

По аналогии, выделим далее подгруппы $Z_{k\omega+\alpha}$ ($1 \leq \alpha \leq \omega$) для $n - 2 \leq k \leq 2n - 6$, состоящие из автоморфизмов вида

$$(x_1 + f_1(x_2, \dots, x_n), x_2 + f_2(x_{2n-k-3}, \dots, x_n), \dots, x_n),$$

и так далее.

Теорема: Таким образом введенные подгруппы составляют гиперцентральный ряд группы U_n . Длина гиперцентрального ряда равна $((n - 1)(n - 2) / 2) \cdot \omega + 1$.

В дальнейших работах будет дано подробное описание подгрупп гиперцентрального ряда.

Литература

1. *Кабанов А.Н.* Гиперцентральная структура группы унитарных автоморфизмов свободной метабелевой алгебры Ли // Сибирский математический журнал. 2009. Т. 50, № 2. С. 329–333.
2. *Кабанов А.Н.* Центр группы унитарных автоморфизмов свободной алгебры Ли // Математические структуры и моделирование. 2014. № 3 (31). С. 57–61.
3. *Кабанов А.Н.* Верхний центральный ряд группы унитарных автоморфизмов свободной алгебры Ли // Математическое и компьютерное моделирование: материалы III Международной научной конференции (Омск, 12 ноября 2015 г.). Омск, 2015. С. 100–102.
4. *Кабанов А.Н.* Центральный ряд группы унитарных автоморфизмов свободной алгебры Лейбница // Математические структуры и моделирование. 2017. № 3 (43). С. 12–15.

UDC 519.7

O. Kosheleva, V. Kreinovich

University of Texas at El Paso, El Paso, Texas, USA

**WHY “A” AND “THE”? WHY PLURAL? WHY ONE GOD?
AN ALGORITHMIC EXPLANATION**

Why “a” and “the”? Why Plural? Formulation of the Problem. In most Slavic languages, there are no articles, no direct analogues of the English “a” and “the”. As a result, when native speakers of these languages speak English, they often get confused about the articles. This confusion with articles is often a telltale sign that a paper was written by a Slavic author. To a native speaker of English, these articles may be natural, but to Slavic-language speakers, they seem to be a strange construction that unnecessarily complicates the language.

Similarly, a telltale sign of Chinese-speaking authors is a confusion between singular and plural. To native speakers of Chinese, the need to always indicate this difference probably also sounds like a strange and unnecessary complication.

However, natural languages usually do not have unnecessary features: languages evolve, and if a feature is unnecessary, it disappears with time. So why do languages have articles? why do they have plural and singular? This is what we explain in this paper.

Our Explanation. Our explanation is based on the fact that one of the main human activities is solving problems, e.g., finding an alternative that satisfies given constraints or finding an alternative which is optimal with respect to some reasonable objective functions.

It is well known that in general, no algorithm is possible that would solve all the problems; see, e.g., [6]. For example, no algorithm is possible that, given a computable function $f(x)$ on a computable set X for which there are values x that satisfy the constraint $f(x) = 0$ returns one of the values. Similarly, no algorithm is possible that, given a computable function $f(x)$ on a computable set X , return a point x from X at which the function $f(x)$ attains its maximum.

However, interestingly, both problems become algorithmically solvable if we restrict ourselves to situations in which there is exactly one alternative: there is a general algorithm that, given a computable function $f(x)$ on a computable set X which has a unique root, computes this root; there is an algorithm that, given a computable function $f(x)$ on a computable set X that attains its maximum at exactly one point x , returns this point x ; see, e.g., [1–6]. And if we allow exactly two roots or two optimizing points, no general algorithm is possible.

From this viewpoint, in practice, it is useful to know whether the given problem has a unique solution. This is exactly what is achieved by the plural-singular distinction, this is exactly what is achieved by the article “the” – which explains the use of these constructions in natural languages.

Auxiliary Explanation. The above argument leads also to an additional explanation of why monotheistic religions are dominant (see, e.g., [7]): if there exist several gods x , it is not algorithmically possible to always decide which god is responsible for a given phenomenon and thus, to decide who to appeal to so that situation be improved. On the other hand, when there is a unique God, this God can be, in general, algorithmically found.

References

1. *Kohlenbach U.* Theorie der Majorisierbaren...: Ph.D. Dissertation. Frankfurt am Main, 1990.

2. *Kohlenbach U.* Effective moduli from ineffective uniqueness proofs. An unwinding of de La Vallee Poussin's proof for Chebycheff approximation // *Annals for Pure and Applied Logic*. 1993. Vol. 64, № 1. P. 27–94.
3. *Kreinovich V.* Uniqueness implies algorithmic computability // *Proceedings of the 4th Student Mathematical Conference*. Leningrad: Leningrad University, 1975. P. 19–21 (in Russian).
4. *Kreinovich V.* Categories of space-time models. Ph.D. dissertation. Novosibirsk, Soviet Academy of Sciences, Siberian Branch, Institute of Mathematics, 1979 (in Russian).
5. *Kreinovich V., Kearfott, R.B.* Computational complexity of optimization and nonlinear equations with interval data // *Abstracts of the Sixteenth Symposium on Mathematical Programming with Data Perturbation*, The George Washington University, Washington, D.C., May 26–27, 1994.
6. *Kreinovich V., Lakeyev A., Rohn J., Kahl P.* Computational complexity and feasibility of data processing and interval computations. Dordrecht, Netherlands: Kluwer, 1998.
7. *Stark R.* One true God: historical consequences of monotheism. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2001.

UDC 519.7

O. Kosheleva, V. Kreinovich

University of Texas at El Paso, El Paso, Texas, USA

**WHAT IS SO GOOD ABOUT BEING POOR IN SPIRIT?
A RATIONAL EXPLANATION OF THE SEEMINGLY
ANTI-INTELLECTUAL STATEMENT**

Formulation of the Problem. Many religious leaders have interpreted the famous statement “Blessed are the poor in spirit, for theirs is the kingdom of heaven” in the anti-intellectual way, that there is something wrong with being smart (or even of average intelligence) and that there is something good about being dumb.

This interpretation seems weird: what is so good about being poor in spirit? There is also a more intuitively acceptable interpreta-

tion: that when we make decisions in life, we should try our best to come up with reasonably simple decisions, since overcomplicated decisions often lead to opposite results; see, e.g., [2].

Intuitively, this is reasonable, but the experience of solving real-life optimization problems shows that while simple solutions are often a good approximation, the truly optimal solutions are rarely simple. So why should we sacrifice complex optimal solutions and prefer simpler suboptimal ones?

Our explanations. When each step of the optimal solution can be implemented exactly with perfect reliability, the optimal solutions are indeed often complex. In real life, however, each step in the implementation is not perfectly reliable and not perfectly accurate.

If each step is implemented corrected with certain probability p , then, in an n -step procedure the probability that all n steps are followed exactly and the result is correct, is p^n . Even when p is close to 1, for large n , this probability is close to 0, and thus, simpler plans are preferable – since complex plans most probably fail.

Similarly, if each step is implemented with variance s^2 , after n steps, we get variance $n*s^2$ – too much for large n ; see, e.g., [1]. So simple is indeed better.

References

1. *Chesneaux J.-M.* L'arithmétique stochastique et le logiciel CADNA: Habilitation à diriger les recherches. Université Pierre et Marie Curie, 1995.
2. *Norton T.P.* Vanilla now and later: a re-introduction to the grace of our feminine being. Sayville, NY: Tina P. Norton Publ., 2009.

В.А. Еровенко, Н.С. Коваленко

*Белорусский государственный университет,
г. Минск, Беларусь*

ПРОБЛЕМНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ МАТЕМАТИЧЕСКОГО И КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В Новосибирской философско-математической школе, возглавляемой математиком и логиком, академиком Ю.Л. Ершовым и философом, профессором В.В. Целищевым, по сути новое направление математических исследований критически назвали «проблемно-ориентированное развитие математики». В новом подходе, по существу, «предполагается развернутая постановка проблемной (задачной) ситуации в качестве определяющего обстоятельства в трактовке соотношения различных концепций философии математики (непротиворечивость, полнота, самоотносимость, интуиция, значение математических утверждений, строгость, алгоритм, конечное и бесконечное, существование, истина)» [1, с. 5]. Несмотря на то, что предложенный подход представляет собой первый «критический» этап нового направления в философии современной математики, в ее конструктивной критике уже реально заложена практически реализуемая «положительная» программа, поскольку в математике всегда идет речь о решении проблемных задач, а хорошо сформулированная такая задача предопределяет результат, который не содержится в ее формулировке.

Следует также особо отметить следующую тенденцию развития компьютерной математики. С точки зрения методологических перспектив видения математического и компьютерного моделирования, появление современных компьютеров особенно во второй половине двадцатого века стало реальным феноменом, который можно назвать «методологической новинкой» в матема-

тике и ее приложениях. Во-первых, «компьютерные доказательства теорем, требующие огромных человеческих временных ресурсов и вычислительных способностей, реально существуют и не удовлетворяют свойству проверяемости обычных "человеческих" доказательств» [2, с. 143]. Во-вторых, многие компьютерные вычисления традиционно используются в таких разделах математики, в которых исследуются, например, дискретные объекты в теории графов, теории групп и даже проблемных задачах теории чисел. Это в свою очередь выявило новую проблему доказательства истинности математических утверждений, полученных с использованием на определенном этапе исследования с помощью компьютера. Наиболее известным примером такого рода является доказательство К. Апелем и В. Хакеном проблемы четырех красок. Поэтому сейчас в математическом и компьютерном моделировании начал уже активно создаваться методологический инструментарий «количественного системного анализа». В качестве хорошего примера можно даже привести современный вычислительный комплекс, состоящий из системы моделей, системы программ обработки информации и способов обеспечения диалога «человек – компьютер».

Возвращаясь к математическому моделированию, следует отметить гениальную прозорливость Давида Гильберта, который в рамках проблемы «Общая задача о граничных условиях» поставил практически актуальную проблемно-ориентированную задачу о расширении классического понятия решения, хотя в то время еще не была введена математическая процедура пополнения линейных нормированных пространств, составляющих основу понятия «обобщенное решение» операторного уравнения, поскольку наличие различных определений обобщенных решений, а также очевидные аналогии между ними дают все основания предполагать, что существует некоторая общая конструкция, реализующая проблемно-ориентированный подход в построении понятия «обобщенная разрешимость» в новом классе функций. Но, «если ориентироваться на более или менее адекватную модель, то она должна в неявной форме определять решение всех (или значительного числа) задач, связанных с объектом модели» [3, с. 76]. Поэтому в общем процессе взаимодействия теоретической математики, при-

кладных математических наук и компьютерно-вычислительных средств создаются качественно новые классы компьютерных моделей, которые описываются сложным абстрактным языком, затрудняющим восприятие современной математики, поскольку в силу неполноты математического знания, недостаточной формализуемости модели, ее неявной противоречивости и другим важным причинам математические и компьютерные модели отражают не все необходимые для анализа знания, так как математические средства формализации не всегда адекватны.

Литература

1. *Ершов Ю.Л.* Предисловие // Проблемно-ориентированный подход к науке: Философия математики как концептуальный прагматизм / отв. ред. В.В. Целищев. Новосибирск: Наука, 2001. С. 3–6
2. *Знатнов С.Ю.* О программном обеспечении компьютерных доказательств // Логические исследования. 2004. Вып. 11. С. 138–148.
3. *Нариньяни А.С.* Математика XXI – радикальная смена парадигмы. Модель, а не Алгоритм // Вопросы философии. 2011. № 1. С. 71–82.

УДК 004.912+021

А.А. Сеньковская^{1,2}, И.И. Фураева²

*¹Казахский университет экономики, финансов и международной торговли,
г. Астана, Казахстан*

*²Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
г. Астана, Казахстан*

ОПИСАНИЕ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ УЧЕБНОЙ НАГРУЗКИ НА КАФЕДРЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЖАДНОГО АЛГОРИТМА

Распределение учебной нагрузки на кафедре можно условно разделить на 3 части: формирование исходных данных, собственно распределение учебной нагрузки и создание выходных документов. Если итоговые шаблоны документов значи-

тельно варьируются в различных вузах, то исходные данные достаточно однородны. Также следует понимать, что принципиальных различий от учета часов и/или кредитов нет. Хотя создание выходных документов является трудоемким процессом, но использование макросов позволяет автоматизировать эту работу [1], даже при условии постоянно меняющихся способов представления результирующей информации.

Рассмотрим более подробно задачу распределения учебной нагрузки. В основном этот процесс выполняется в ручном режиме. Не так уж важно, применяются ли при этом возможности табличного процессора MS Excel или автоматизированная система [1], если выбор преподавателей производится вручную.

Опыт использования «Поиска решения» для разделения нагрузки на основную (1 ставка) и дополнительную (0,5 ставки) показал, что задача, конечно, может быть решена таким образом, но задание ограничений и скорость получения результата делают этот метод малоэффективным [2]. Использование жадного алгоритма, оформленного в виде макроса, позволило значительно улучшить показатели эффективности.

Необходимость вводить ограничения по всем преподавателям и по всем дисциплинам приводят к выводу о целесообразности использования автоматизированной системы для решения этой задачи.

Остановимся более подробно на формировании исходных данных. На рисунке представлена таблица, которая заполняется в MS Excel эдвайзерами. Названия дисциплин и потоки заполняются по итогам работы со студентами и рабочими учебными планами, а затем распечатанный файл заполняется преподавателями кафедры. На каждую дисциплину может записаться ограниченное количество преподавателей. Причем запись производится отдельно на лекционные, семинарские и лабораторные занятия. Такой подход позволяет максимально учитывать пожелания преподавателей и не зависеть от того, кто успел раньше записаться на дисциплину. Так как ожидаемая или фактическая нагрузка известна, то известно и планируемое количество ставок для каждого преподавателя.

В таблице указаны только дисциплины. По количеству часов в неделю можно определить, какие виды аудиторных занятий предусмотрены по каждой дисциплине.

№ п/п	Дисциплина	Поток	Кол групп	Кол п/г	Язык обуч	Часы	Лекция (ППС)	Приоритет	Семинар (ППС)	Приоритет	Лабораторные (ППС)	Приоритет
1	Алгоритмизация и программирование	ВТ-1	1	2	р	1+1+2						

Шаблон выбора дисциплин

Важной частью предлагаемого шаблона является приоритет. Здесь возможны два подхода: либо каждый преподаватель расставляет приоритет своим выбранным дисциплинам, либо это делает заведующий кафедрой для каждой отдельной дисциплины, возможно и сочетание обоих приоритетов.

Заполненную в MS Excel таблицу, после согласования со всеми заинтересованными лицами, можно ввести в базу данных автоматизированной системы, используя алгоритм распознавания названия дисциплин и фамилий преподавателей. Подписанный заведующим список выбранных дисциплин хранится на кафедре, т. е. имеется возможность решать конфликтные ситуации.

Применение жадного алгоритма при разделении педагогической нагрузки преподавателя на основную и дополнительную позволяет снизить погрешность разделения до 0,5 кредита (в реализуемой программе 1 ставка соответствует 26 кредитам, что в целом варьируется настройками программы). Причем, следует отметить, что чем более детально сформулированы приоритеты по преподавателю, тем меньше погрешность разделения.

Литература

1. Каюгина С. М. Автоматизированная система расчёта и распределения учебной нагрузки преподавателей кафедры ВУЗа на базе платформы «1С» // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 11.
2. Кармен Т., Лейзерсон Ч., Риверст Р., Штайн Кл. Алгоритмы: построение и анализ: пер. с англ. 2-е изд. М.: Вильямс, 2002.

Б.К. Каирбаева

*Евразийский технологический университет,
г. Алматы, Казахстан*

КОМПЬЮТЕРНАЯ ЛИНГВИСТИКА И ЕЕ ЗАДАЧИ В АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Компьютерная лингвистика является основной составляющей системы автоматизированной обработки текстовой информации, решает задачи автоматизации процесса обработки информации, представленной на естественном языке. К этим задачам относится лингвистическое обеспечение процессов поиска, сбора, накопления, обработки информации. Как наиболее важные среди них можно выделить следующие [1]:

1. Автоматизация процессов составления и лингвистической обработки машинных словарей.

Машинные словари и процессы их составления являются неотъемлемой частью любой системы автоматизированной обработки текстовой информации. Они представляют собой, как словари слов, так и словари словосочетаний, выражающих устойчивые научно-технические понятия. Их составление стремится к максимальному отражению лексического состава текста, поэтому составляются в достаточно большом объеме.

2. Автоматизация процессов обнаружения и исправления ошибок текстовой информации введенной в ЭВМ.

Данный процесс обнаружения и исправления ошибок текста является необходимым и важным процессом, который условно может быть разделен на задачи орфографического, синтаксического и семантического контроля текста. Орфографический контроль может быть решен морфологическим анализом. Синтаксический контроль включает в себя задачи орфографиче

ского и синтаксического анализов. Задачи семантического контроля можно отнести к классу задач искусственного интеллекта.

3. Автоматизация процессов индексирования документов и информационных запросов.

Решает задачи автоматизированного поиска текстовой информации, который переводит запросы и описания документов с естественного языка на формализованный [2].

4. Автоматизация процесса классификации и реферирования документов позволяет компоновать информацию по схожим параметрам, индексам и символам, что зависит от качества способов поиска информации.

5. Лингвистическое обеспечение автоматизации процессов поиска информации в одноязычных и многоязычных базах данных предполагает отбор из множеств описаний объектов удовлетворяющего поставленному запросу, который ставит задачи перед лингвистическим обеспечением автоматизации процесса поиска.

6. Автоматизация процесса перевода текста с одних языков на другие предполагает использование машинных словарей, фразеологических единиц и словосочетаний, разделение текста по тематическим областям, использование политематических словарей и т. д.

7. Автоматизация лингвистических процессов интеллектуальных информационных систем (экспертные системы, нейронные сети).

Лингвистические процессы в интеллектуальных системах осуществляются через составление четких правил для экспертных систем или обучающих примеров для нейронных сетей, а так же предполагают возможность использования гибридных систем в зависимости от поставленной задачи обработки информации [2].

8. Автоматизация процессов извлечения фактографической информации из неформализованных текстов подразумевает распределение информации по определенным признакам, группам, предметным областям.

Рассмотренные задачи компьютерной лингвистики являются основными составляющими современных систем автоматизированной обработки текстовой информации, систем искус-

ственного интеллекта, поисковых систем, систем управления базами данных и т. д. На сегодняшний день можно видеть значительные достижения в области представления естественного языка в ЭВМ, однако данный процесс является очень трудоемким, ресурсным. И главная цель автоматизации процесса обработки текста – приближение к человеческим навыкам понимания и воспроизведения речи [3].

Литература

1. *Боярский К.К.* Введение в компьютерную лингвистику: учебное пособие. СПб.: НИУ ИТМО, 2013. 72 с.
2. Компьютерная лингвистика. URL: <http://www.kompling.narod.ru/index.html> (дата обращения: 20.10.2017).
3. Автоматическая обработка текстов на естественном языке и компьютерная лингвистика: учеб. пособие / Е.И. Большакова и др. М.: МИЭМ, 2011. 272 с.

УДК 004.42

Т.А. Фомичева

*Кокшетауский государственный университет им. Ш.Ш. Уалиханова,
г. Кокшетау, Казахстан*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ DATA MINING В РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМ ПО РАБОТЕ С КЛИЕНТАМИ

Привлечение клиентов через интернет сегодня является самым действенным способом продвижения бизнеса. Поиск клиентов – часть стратегии развития. Однако мало где существует полноценная работающая программа по удержанию клиентов и привлечению новых. В большинстве случаев все действия компаний в этом направлении через интернет сводятся к использованию медийных и контекстных реклам, для которых разработано множество блокираторов.

Обращение пользователей сети в конкретную компанию по факту определяется не только активными действиями торговых компаний по их привлечению и полезными персональными предложениями, но и совершенно другими факторами, такими как местоположение магазина, цена товаров, их качество, уровень сервиса и др. Методы прямого поощрения клиентов зачастую приводят лишь к совершению разовых покупок и не мотивируют потребителя и в дальнейшем оставаться клиентом одной определённой компании.

Для решения поставленных задач предлагается разработать интеллектуальную самообучающуюся систему по работе с клиентами. И тут перед разработчиком возникает ряд трудных вопросов, на которые необходимо ответить для последующего полноценного функционирования данной программы:

1) Кто является клиентом организации, на какие сегменты они разбиты и что отличает один сегмент от другого?

2) Какие факторы влияют на поведение, какова структура потребления и многое другое...

Трудоемкость данной задачи такова, что любая попытка решить ее подручными средствами обречена на провал. Поэтому применение методов моделирования – эффективный способ решить не разовую задачу, а запустить механизм систематического анализа поведения клиентов. У предприятий в сфере торговли накапливаются огромные объемы информации о фактическом потреблении, которые можно и нужно использовать для продвижения товаров. Тем более технологический прогресс и наличие методов Data Mining на текущий момент позволяют это делать. Используя технологию Data Mining, программисты учат свои алгоритмы выявлять общие закономерности по частным случаям. В результате компьютер принимает решения исходя из собственного опыта, а не команд человека.

Информация, найденная в процессе применения методов Data Mining, должна быть нетривиальной и ранее неизвестной, например, средние продажи не являются таковыми [1]. Знания должны описывать новые связи между свойствами, предсказывать значения одних признаков на основе других и т. д. Найден-

ные знания должны быть применимы и на новых данных с некоторой степенью достоверности.

Ассоциативные правила эффективно используются в сегментации покупателей по поведению при покупках, анализе предпочтений клиентов, планировании расположения товаров в супермаркетах, кросс-маркетинге, адресной рассылке [2].

Решение задачи поиска ассоциативных правил, как и любой задачи, сводится к обработке исходных данных и получению результатов. Результаты, получаемые при решении данной задачи принято представлять в виде ассоциативных правил. В связи с этим в их поиске выделяют два этапа:

- 1) нахождение всех частых наборов объектов;
- 2) генерация ассоциативных правил из найденных частых наборов объектов.

Основным достоинством ассоциативных правил является их лёгкое восприятие человеком и простая интерпретация языками программирования.

Современные базы данных имеют очень большие размеры, достигающие гига- и терабайтов, и тенденцию к дальнейшему увеличению. И поэтому, для нахождения ассоциативных правил требуются эффективные масштабируемые алгоритмы, позволяющие решить задачу за приемлемое время. Одним из таких алгоритмов является алгоритм Apriori, работающий в два этапа: на первом шаге необходимо найти часто встречающиеся наборы элементов, а затем, на втором, извлечь из них правила [3]. Такие инструменты Data Mining позволяют автоматически находить взаимосвязи между товарами и формировать предложения, на которые, скорее всего, клиент среагирует.

Работа с клиентами – сложная и комплексная задача, не сводящаяся только к построению моделей и анализу. Необходимо решать множество других задач: учёт истории взаимоотношений с клиентами, мониторинг, оценка, поддержка работы персонала и др. При отсутствии должной аналитики вся собранная информация будет лежать мертвым грузом и не позволит обработать данные о клиентах в знания о них, способные принести дополнительные доходы.

Литература

1. Data Mining – добыча данных. URL: <https://basegroup.ru/community/articles/data-mining> (дата обращения: 21.10.2017).
2. Шахиди А. Введение в анализ ассоциативных правил. URL: http://www.basegroup.ru/library/analysis/association_rules/intro/ (дата обращения: 21.10.2017).
3. Шахиди А. Apriori – масштабируемый алгоритм поиска ассоциативных правил. URL: <https://basegroup.ru/community/articles/apriori> (дата обращения: 21.10.2017).

УДК 681.3.08+519.2

A.L. Reznik, A.V. Torgov, A.A. Soloviev

*Institute of Automation and Electrometry,
Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russia*

INTELLECTUAL COMPUTER SUPPORT IN PROBLEMS OF RANDOM POINT FIELDS ANALYSIS*

The great scientist John von Neumann, who made a huge contribution to computer science, didn't like artificial differentiations between various scientific fields, considering science as a single organism in which researchers can freely switch from one desired area to another. Our work confirms not only this mind about unity of science, but as well two others von Neumann's ideas – about the important role of computers in the science of the future and his remark that solving of seemingly simple tasks sometimes requires diverse and nonstandard scientific toolkit.

In our case, during the work on the study of error-free readout of random point fields and digital images, the following problem has appeared:

* This study was supported (grants № 16-01-00313) by the Russian Foundation for Basic Research.

“Let n points x_1, x_2, \dots, x_n be randomly thrown on the interval $(0, 1)$. What is the probability $P_{n,k}(\varepsilon)$ that there is no subinterval of length Ω_ε containing more than k points?”

Analytical solution of this problem is known [1; 2] only for the case when $k = 1$:

$$P_{n,1}(\varepsilon) = (1 - (n-1)\varepsilon)^n, \quad (0 \leq \varepsilon \leq 1/(n-1)). \quad (1)$$

This formula can be obtained by consecutive integration of the expression

$$P_{n,1}(\varepsilon) = n! \int_{(n-1)\varepsilon}^1 dx_n \left\{ \int_{(n-2)\varepsilon}^{x_n-\varepsilon} dx_{n-1} \cdots \left\{ \int_{2\varepsilon}^{x_4-\varepsilon} dx_3 \left\{ \int_{\varepsilon}^{x_3-\varepsilon} dx_2 \left\{ \int_0^{x_2-\varepsilon} dx_1 \right\} \right\} \right\} \right\}. \quad (2)$$

The existing methods for solving the problems associated with random division of an interval (our problem also belongs to them), do not allow us to calculate the probabilities $P_{n,k}(\varepsilon)$ for any n and k , so we developed new algorithms based on specialized analytical transformations. Unfortunately, in all the cases we faced extra large amount of necessary calculations, therefore, we created the software package focused on program analytical transforms. With the help of computer, we found partial solutions of the problem and made a hypothesis, that

for $n=2m$ (with assumption $\frac{1}{m} < \varepsilon < \frac{1}{m-1}$) the probability is

$$P_{2m,2} = (C_{2m}^m - C_{2m}^{m-1})(1 - (m-1)\varepsilon)^{2m}. \quad (3)$$

The formula (3) has been proved later [3]. We managed also to prove [4] that the probability $P_{n,k}(\varepsilon)$ for $k = 2$ and odd values of $n = 2m + 1$ is represented as

$$\begin{aligned} P_{2m+1,2}(\varepsilon) = & C_{2m+1}^{m+1} (1 - m\varepsilon)^{m+1} (1 - (m-1)\varepsilon)^m - \\ & - 2C_{2m+1}^{m+2} (1 - m\varepsilon)^{m+2} (1 - (m-1)\varepsilon)^{m-1} + \\ & + C_{2m+1}^{m+3} (1 - m\varepsilon)^{m+3} (1 - (m-1)\varepsilon)^{m-2}, \end{aligned} \quad (4)$$

provided that $\frac{1}{m+1} < \varepsilon < \frac{1}{m}$.

We have also proved [5] that for even values of $n = 2m$ the formula

$$P_{2m,2}(\varepsilon) = C_{2m}^m (1 - (m-1)\varepsilon)^{2m} - C_{2m}^{m-1} (1 - (m-1)\varepsilon)^{2m} -$$

$$-C_{2m}^{m-2}(1-m\varepsilon)^{m+2}(1-(m-2)\varepsilon)^{m-2} + \quad (5)$$

$$+2C_{2m}^{m-3}(1-m\varepsilon)^{m+3}(1-(m-2)\varepsilon)^{m-3} - C_{2m}^{m-4}(1-m\varepsilon)^{m+4}(1-(m-2)\varepsilon)^{m-4}$$

is correct, provided that $\frac{1}{m+1} < \varepsilon < \frac{1}{m}$.

To find and to prove the relations (4)-(5) even powerful program support has appeared insufficiently. For these purposes to develop new concept of generalized three-dimensional Catalan numbers, to set their explicit form, and then to solve some rather difficult combinatorial problems were necessary [4–7].

Conclusion. Our researches demonstrate the example of effective computer use for intellectual software support, that is necessary to solve the difficult applied probability problems. Moreover, in our case the computer was used not only as a powerful “calculator”, but also as an “intelligent helper” having tools for dealing with branched and time-consuming analytical calculations. Our successes in constructing the analytical software manipulation systems and the experience gained in the process of their creation allow us to hope that soon it will be possible to enlarge the list of successful computer applications by the problematic scientific problems already solved.

References

1. *Parzen E.*, Modern Probability Theory and Its Applications. New York; London: John Wiley and Sons, Inc., 1960. 464 p.
2. *Wilks S.* Mathematical Statistics. New York; London: J. Wiley and Sons, 1962. 644 p.
3. *Reznik A.L., Efimov V.M., Solovev A.A.* Computer-analytical calculation of the probability characteristics of readout of random point images // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. 2011. Vol. 47, № 1. P. 7–11.
4. *Reznik A.L., Efimov V.M., Solovev A.A., Torgov A.V.* Generalized Catalan numbers in problems of processing of random discrete images // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. 2011. Vol. 47, № 6. P. 533–536.
5. *Reznik A.L., Solov'ev A.A., Torgov A.V., Tuzikov A.V.* Analysis of random point images with the use of symbolic computation codes and generalized Catalan numbers // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing. 2016. Vol. 52, № 6. P. 529–536.

6. *Reznik A.L., Efimov V.M., Solov'ev A.A., Torgov A.V.* On the reliable readout of random discrete-point structures // *Pattern Recognition and Image Analysis (Advances in Mathematical Theory and Applications)*. 2015. Vol. 25, № 1. P. 84–88.
7. *Reznik A.L., Soloviev A.A., Torgov A.V.* Program-combinatorial approach to solving problems of error-free readout of random point images // *Optoelectronics, instrumentation and data processing*. 2016. Vol. 52, № 2. P. 121–127.

УДК 004.932.72

А.А. Вакулин, А.А. Крыловецкий, И.С. Черников

*Воронежский государственный университет,
г. Воронеж, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ К ЗАДАЧЕ КЛАССИФИКАЦИИ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ

В настоящее время актуальным направлением в компьютерной индустрии является создание систем получения и анализа трехмерных моделей окружающего мира. В последние годы в связи с быстрым ростом производительности графических адаптеров, устанавливаемых в компьютерные системы, доступные массовому потребителю, активно развиваются технологии параллельных вычислений на графических процессорах (например, CUDA). Как недавно выяснилось, предложенные в 1998 году сверточные нейронные сети, требующие больших затрат машинного времени на обучение при реализации на CPU, в случае GPU работают несравнимо быстрее. Это привело к тому, что в последние два-три года технологии глубокого обучения стали массово применяться при решении различных задач компьютерного зрения.

Одной из важных задач трехмерного компьютерного зрения на данный момент является задача классификации трехмерных моделей. Данную проблему в представленной работе пред-

лагается решить с использованием технологий глубокого обучения – сверточных нейронных сетей. Применение данных технологий для работы с трехмерными объектами требует представить их в достаточно сжатом и емком виде, чтобы выделить отличительные признаки для объектов разных классов. Одним из способов такого представления являются глобальные дескрипторы поверхности. Таким образом для задачи классификации трехмерных объектов в данной работе предлагается использовать подход, который состоит из вычисления глобального дескриптора поверхности трехмерных моделей и дальнейшего обучения сверточной нейронной сети.

В рамках предлагаемого подхода используются глобальные дескрипторы поверхности, основанные на идее спиновых изображений. Спиновые изображения впервые были предложены в [1]. Они успешно зарекомендовали себя в таких задачах как распознавание трехмерных объектов и грубое совмещение поверхностей [2]. Простота вычисления, а также компактное хранение информации о форме поверхности модели в виде стандартного двумерного массива данных позволяет в краткие сроки создавать базы данных, содержащие достаточное количество спиновых изображений для обучения сверточных нейронных сетей.

В процессе применения предлагаемого подхода к распознаванию трехмерных объектов было реализовано несколько вариантов систем классификации. В наиболее эффективной использовались триангулированные полигональные модели, представленные в базе трехмерных моделей университета Princeton. А именно 180 объектов трех различных классов. Перед формированием непосредственно дескрипторов трехмерных моделей, они были оптимально масштабированы, выровнены относительно друг друга в общей системе координат и приведены к примерно одинаковому разрешению. После вычисления глобальных дескрипторов поверхности для всех моделей были получены спиновые изображения размером 28x28 элементов. Полученная база спиновых изображений также была искусственно расширена путем их поворота и инвертирования. При проектировании сверточной нейронной сети за основу архитектуры сети была принята

модель, предназначенная для распознавания рукописных символов [3]. Разработанная архитектура использует четыре сверточных слоя и два слоя объединения. После подбора оптимальных параметров системы на двадцать пятой эпохе обучения удалось минимизировать ошибку обучения таким образом, что сеть смогла верно классифицировать до 95 % ранее неизвестных ей трехмерных объектов.

Анализируя результаты экспериментов можно сделать вывод, что предложенная система вполне способна выделять отличительные признаки трехмерных объектов независимо от их локальных различий в форме, масштабе и положения в пространстве.

Литература

1. Johnson A.E., Hebert M. IEEE Trans // Pattern Analysis and Machine Intelligence. 1999. № 21(5). P. 433–449.
2. Крыловецкий А.А., Черников И.С., Кургалин С.Д. Автоматическое совмещение поверхностей в системах компьютерного зрения // Математическое моделирование. 2013. Т. 25, № 3. С. 33–46.
3. MatConvNet // MATLAB toolbox implementing Convolutional Neural Networks. URL: <http://www.vlfeat.org/matconvnet/>.

УДК 519.6+532

И.А. Панкратов

*Саратовский национальный исследовательский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского,
г. Саратов, Россия*

ОБ АППРОКСИМАЦИИ ПРОСТЕЙШИХ ТЕЧЕНИЙ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ СРЕДСТВАМИ OpenFOAM

В работе проведено численное моделирование стационарного течения вязкой несжимаемой жидкости между параллельными пластинами под действием заданного перепада давления на

единицу длины (течение Пуазейля). При численном решении задач гидродинамики часто применяется метод конечных разностей [1]. При этом значения искомых параметров находятся лишь в конечном наборе точек, принадлежащих расчётной области. Ранее Панкратовым И.А. в работах [2–6] был применён метод взвешенных невязок [7; 8]. В этом случае искомые гидродинамические величины (скорость, функция тока и т.д.) были представлены в виде линейной комбинации базисных функций. В настоящей работе для расчёта применён метод конечных объёмов. С помощью этого метода аппроксимируются интегральные законы сохранения в каждой ячейке вычислительной сетки. Для каждой ячейки получается одно алгебраическое уравнение, связывающее значение переменной в центре ячейки с переменными в соседних ячейках. Для всей вычислительной области получается система линейных уравнений.

Ниже приведены основные особенности проведенного моделирования. Для расчётов был использован свободно распространяемый пакет OpenFOAM [9]; был модифицирован известный пример для решателя (солвера) isoFoam (течение несжимаемой жидкости в каверне [10]). Расчётная область представляла собой параллелепипед, расположенный в первом октанте. Так как течение является одномерным, то на части границ не задавались краевые условия (точнее было использовано условие *empty*). Сетка была подобрана так, чтобы число Куранта было меньше единицы.

Также было рассмотрено течение Куэтта (стационарное течение вязкой несжимаемой жидкости между параллельными пластинами в случае, когда одна из них движется с постоянной скоростью).

Приведены примеры численного решения задачи. Построены графики изменения компонент скорости и давления для различных параметров задачи. Для уменьшения времени, затрачиваемого на решение задачи, было произведено распараллеливание задачи. Исследовано, как влияет увеличение числа задействованных процессоров на скорость проведения расчётов.

В результате проведённого численного моделирования было установлено, что если число Рейнольдса меньше 100, то результаты расчётов в пакете OpenFOAM близки к теоретическим

значениям [11; 12]. (Абсолютная погрешность определения скорости меньше 0.001 м/сек.) Таким образом, рассмотренный в работе решатель isoFoam пригоден только при малых числах Рейнольдса.

Литература

1. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем. М.: Наука, 1971. 552 с.
2. Панкратов И.А. Изчисляване на линията на тока по време на циркуляция, предизвикана от ветрове // Парадигма. 2016. № 1. Т. 1. С. 115–119.
3. Панкратов И.А. Численная аппроксимация линий тока методом Галёркина // *Juvenis scientia*. 2016. № 2. С. 4–6.
4. Ильясова Т.А., Панкратов И.А. Математическое моделирование циркуляции воды в озере // Математика. Механика. 2015. № 17. С. 101–104.
5. Панкратов И.А., Рымчук Д.С. Расчёт течений мелкой воды // Математика. Механика. 2014. № 16. С. 120–124.
6. Маркелова О.И., Панкратов И.А. Расчет циркуляции воды в озере // Математика. Механика. 2014. № 16. С. 114–117.
7. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. М.: Мир, 1986. 318 с.
8. Коннор Дж., Бреббия К. Метод конечных элементов в механике жидкости. Л.: Судостроение, 1979. 264 с.
9. Официальный сайт OpenFOAM. URL: <http://openfoam.org> (дата обращения: 04.10.2017).
10. Lid-driven cavity flow. URL: <http://cfd.direct/openfoam/user-guide/cavity/> (дата обращения: 04.10.2017).
11. Кочин Н.Е., Кибель И.А., Розе Н.В. Теоретическая гидромеханика. Т. 2. М.: Физматгиз, 1963. 728 с.
12. Седов Л.И. Механика сплошной среды. Т. 2. М.: Наука, 1970. 568 с.

Л.С. Носов, И.А. Чупров

*Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Сорокина,
г. Сыктывкар, Россия*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОЙ ЗАПИСИ ИНФОРМАЦИИ НА ОДНОДОМЕННЫЕ ЧАСТИЦЫ

Ансамбли однодоменных ферромагнитных частиц представляют собой уникальный объект для исследования [1; 2]. Это связано с тем, что они могут быть использованы в качестве носителей цифровой информации [1].

Исследуется поведение плоского ансамбля из N ферромагнитных частиц с кубической анизотропией. Будем считать, что главные кристаллографические оси [100], [010] и [001] частиц сориентированы вдоль осей Ox , Oy и Oz . Частицы однородно намагничены вдоль оси Ox . Радиочастотное переменное магнитное поле направлено вдоль оси Oy (рис. 1).

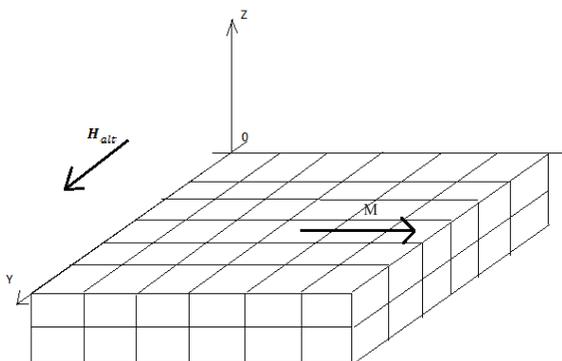


Рис. 1. Геометрия задачи

Анализ численного решения уравнения движения для намагниченности частиц, а также графическое отображение

намагниченности частиц позволяет делать вывод об изменении магнитной структуры плоского ансамбля однодоменных частиц при воздействии на него радиоимпульса магнитного поля. В рамках моделирования была проанализирована возможность изменения векторов намагниченности частиц в ансамбле при воздействии радиоимпульса (рис. 2).

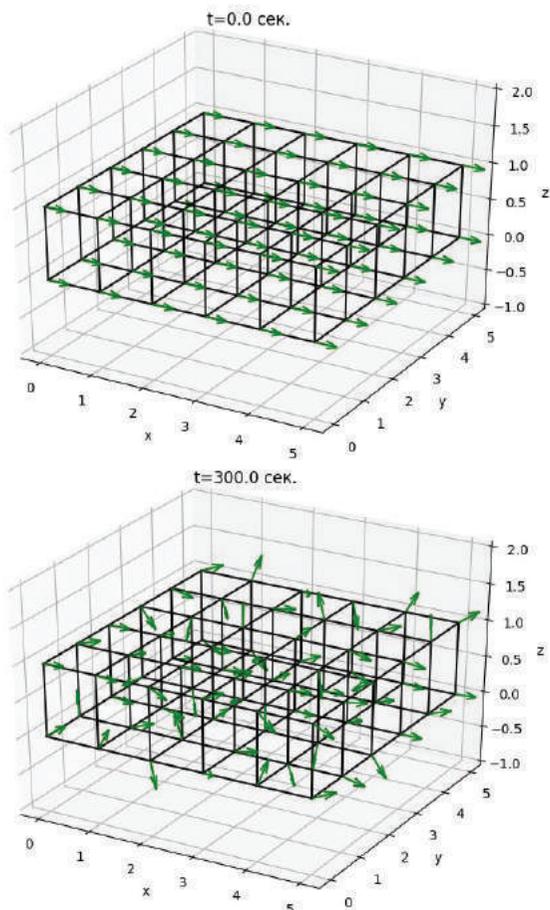


Рис. 2. Магнитная структура ансамбля из $N = 72$ частиц до (вверху) и после (внизу) воздействия радиоимпульсом магнитного поля

Изменения магнитной структуры находят свое отражение в изменении электромагнитного отклика от ансамбля частиц (рис. 3).

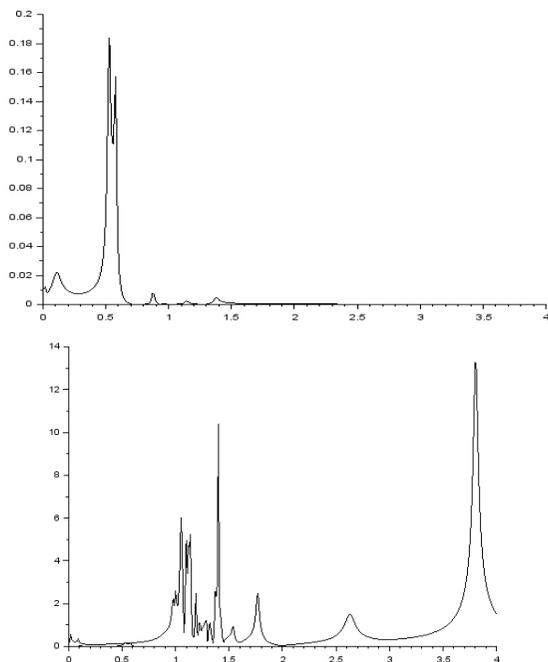


Рис. 3. Спектры откликов ансамбля из $N = 72$ частиц до (вверху) и после воздействия радиоимпульса поля (внизу)

Анализ вышеуказанных спектров откликов от ансамбля частиц показывает, что после воздействия радиоимпульса поля происходит расщепление в спектре отклика взаимодействующих частиц. Данный эффект можно использовать для записи информации, а каждый уникальный образ ансамбля магнитных частиц в виде спектра использовать, например, в качестве радиочастотного идентификатора в RFID-метках [3].

Литература

1. *Котов Л.Н., Носов Л.С.* Переориентация намагниченности в однодоменных частицах и отклик на импульс поля // ЖТФ. 2005. Т. 75, № 10. С. 55–60.
2. *Kotov L.N., Nosov L.S.* Rf magnetic reversal in one-domain particle array // MISM: books of abstracts (Moscow, June 25–30, 2005). Moscow: MSU, 2005. P. 453–454.
3. Описание RFID-технологии // РСТ-Инвент. URL: <http://www.rst-invent.ru/about/technology/> (дата обращения: 19.10.2017).

УДК 514.745.82

В.П. Голубятников

*Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН,
г. Новосибирск, Россия*

О СУЩЕСТВОВАНИИ ЦИКЛОВ В МНОГОМЕРНЫХ МОДЕЛЯХ МОЛЕКУЛЯРНОГО РЕПРЕССИЛЯТОРА*

Рассматривается модель кольцевой генной сети, представленной в виде динамической системы размерности $4N+2$:

$$\frac{dm_j}{dt} = -k_j m_j + f_j(p_{j-1}); \quad \frac{dp_j}{dt} = -v_j p_j + \mu_j m_j; \quad j = 1, \dots, 2N + 1. \quad (1)$$

Здесь коэффициенты k_j, μ_j, v_j положительны, $p_j(t)$ – концентрации белков, $m_j(t)$ – концентрации соответствующих им мРНК, положительные гладкие монотонно убывающие функции $f_j(p)$ описывают отрицательные обратные связи в генной сети. При $j = 1$ мы полагаем $j - 1 = 2N + 1$.

Такая система в частном безразмерном симметричном 6 -мерном случае $k_j = 1; \mu_j = v_j = \mu_0; f_j = f_0(p) = \alpha_0 + \alpha(1 + p^\gamma)^{-1}$ была предложена в [1] и изучалась во многих публикациях, см. напри-

* Работа поддержана РФФИ, грант 15-01-00745. Автор выражает искреннюю благодарность А.А. Акиншину и Н.Е. Кирилловой за полезные обсуждения и проведение вычислительных экспериментов.

мер [2]. В работах [3; 4] мы рассматривали несимметричную систему вида (1) при $N = 1$. Следуя [5], результаты работы [3] можно перенести и на многомерные случаи:

Пусть для системы (1) $A_j := f_j(0)/k_j; B_j := \mu_j \cdot A_j/v_j$; зададим в положительном октанте R_+^{4N+2} область $Q := \prod_{j=1}^{2N+1} [0, A_j] \times [0, B_j]$.

Лемма 1. Параллелепипед Q является инвариантной областью системы (1), и эта система имеет единственную стационарную точку S_0 , лежащую в Q .

Напомним стандартное определение: стационарная точка S_0 динамической системы называется **гиперболической**, если матрица линеаризации этой системы в точке S_0 имеет собственные числа с положительными и отрицательными вещественными частями, и не имеет мнимых собственных чисел.

Пусть $\{m_j^0, p_j^0\}$ — координаты точки S_0 . Следуя [3,5], разобьем Q гиперплоскостями $m_j = m_j^0; p_j = p_j^0$; и обозначим параллелепипеды (блоки) этого разбиения бинарными индексами:

$$E = \{\varepsilon_1 \varepsilon_2 \dots \varepsilon_{4N+1} \varepsilon_{4N+2}\} = \{X \in Q | m_j \triangleleft m_j^0; p_j \triangleleft p_j^0\}. \quad (2)$$

Здесь символ \triangleleft означает \leq при $\varepsilon_{(2j-1)} = 0$, и \geq при $\varepsilon_{(2j-1)} = 1$; символ \triangleleft означает \leq при $\varepsilon_{(2j)} = 0$, и \geq при $\varepsilon_{(2j)} = 1$.

Лемма 2. Для любых двух соседних блоков E_1, E_2 разбиения (2) через их общую $(4N+1)$ -мерную грань все траектории системы (1) переходят только в одном направлении: либо $E_1 \rightarrow E_2$, либо $E_2 \rightarrow E_1$.

Назовем валентностью блока E количество соседних с ним блоков, в которые могут переходить траектории точек, лежащих в E . Так же как в [3; 4], где рассматривался случай $N = 1$, конструируется диаграмма, показывающая, по каким блокам валентности 1 может проходить цикл динамической системы (1). Эта диаграмма замыкается в кольцо из $8N+4$ блоков.

Теорема. Если у системы (1) точка S_0 гиперболическая, то система (1) имеет по крайней мере один цикл, проходящий по имеющим валентность 1 блокам разбиения (2) согласно упомянутой диаграмме.

Для 18-мерной системы (1) в частично-симметричном случае, когда $f_j = f_{j+3}$; $k_j = k_{j+3}$; $v_j = v_{j+3}$; $\mu_j = \mu_{j+3}$, $j = 1, \dots, 6$, можно проверить, что если у такой системы стационарная точка гиперболическая, то в области Q имеется по крайней мере два различных цикла этой системы. Один из этих циклов описан в теореме, другой лежит в 6-мерной плоскости, задаваемой уравнениями $m_j = m_{j+3}$; $p_j = p_{j+3}$, $j = 1, \dots, 6$. Эта плоскость является инвариантной для частично-симметричной 18-мерной системы вида (1).

Литература

1. *Elowitz M.B., Leibler S.* A synthetic oscillatory network of transcriptional regulators // *Nature*. 2000. V. 403, P.335-338.
2. *Колесов А.Ю., Розов Н.Х., Садовничий В.А.* Периодические решения типа бегущих волн в кольцевых генных сетях // *Известия РАН. Серия математическая*. 2016. Т. 80, № 3. С. 67–94.
3. *Аюпова Н.Б., Голубятников В.П., Казанцев М.В.* О существовании цикла в одной несимметричной модели молекулярного репрессилатора // *Сиб. журнал вычислительной математики*. 2017. Т. 20, № 2. С. 121–129.
4. *Голубятников В.П.* Вопросы существования устойчивого цикла в одной модели молекулярного репрессилатора // *Математические структуры и моделирование*. 2017. № 2 (42). С. 59–67.
5. *Голубятников В.П., Голубятников И.В.* О периодических траекториях нелинейных динамических систем специального вида // *Вестник НГУ*. 2010. Т.10, № 3. С. 3–16.

В.В. Гольтяпин¹, В.А. Шовин¹, А.В. Глотов², Т.Н. Федорова³

¹*Омский филиал Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН,
г. Омск, Россия*

²*Омский государственный медицинский университет,
г. Омск, Россия*

³*Сибирский государственный университет физической культуры и спорта,
г. Омск, Россия*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФАКТОРНЫХ СТРУКТУР СИНДРОМА ОБСТРУКТИВНОГО АПНОЭ СНА

Синдром обструктивного апноэ сна (СОАС) – это синдром, который характеризуется повторными эпизодами обструктивного апноэ, который сопровождается снижением насыщения крови кислородом и вызывающие нарушение нормальной структуры сна. Это обуславливает патологическое изменение систем организма и выраженную дневную сонливость.

Цель работы – провести сравнительную оценку степени СОАС посредством анализа факторных структур и осуществить интерпретацию выделенных латентно-интегративных факторов. Доказать нарушение гомеостаза при СОАС.

Исследование проводилось на базе сомнологического отделения многопрофильного центра современной медицины «Евромед» (г. Омск) в рамках совместного научного сотрудничества. В нем приняли участие 254 пациента, у которых определялись 9 параметров: сатурация, индекс десатураций, индекс массы тела (ИМТ), хронический тонзиллит (ХТ), хронический вазомоторный ринит (ХВР), ретромикрогнатия, искривление носовой перегородки (ИНП), возраст и пол.

Расчеты проводились с помощью вычислительной системы STIR модифицированным методом главных факторов с варимакс вращением. Факторный анализ позволил получить информацию о том, есть ли в массиве данных латентные интегра-

тивные факторы, которые оказывают влияние на степень проявления СОАС.

Процесс выбора числа факторов проводился эмпирическим путем: анализировались компоненты общей дисперсии, вычисляемые посредством суммы по столбцам квадратов весовых нагрузок матрицы факторного отображения и визуальной оценки графики собственных значений методом «каменистой осыпи».

Исследование графиков собственных значений исследуемого синдрома позволило сделать вывод о нарастающем влиянии факторов при переходе от легкой степени к тяжелой степени СОАС. Анализ же собственных значений матрицы **R** контрольной группы показал отсутствие нарушений гомеостаза в рамках данной системы.

Нахождение интерпретируемых факторных структур осуществилось с помощью варимакс вращения, используемого для поиска простой ортогональной структуры. Суммарная дисперсия по факторным структурам составила от 75,93 до 76,9 %, что вполне согласуется имеющимися эмпирическими допущениями об интерпретируемости полученных результатов.

Общий анализ факторных структур выявил следующие факты: при легкой и средней степени СОАС отличается однонаправленные но неоднозначные нарушения сатурации, вызванные формированием воспалительно-дистрофических процессов верхних дыхательных путей и анатома функциональных нарушений; при средней степени тяжести СОАС дополнительным фактором, влияющим на выраженности сатурации крови является гендерное различие и возраст; при тяжелой степени СОАС происходит скачкообразного типа, как указывает график собственных значений матрицы **R**, сатурация в той степени снижена под воздействием ретромикронгнатии и искривление носовой перегородки в меньшей степени влияет хронический тонзилит. В последних стадиях СОАС ИМТ не оказывает существенное влияние на сатурацию.

Литература

1. Бузунов Р.В., Легейда И.В., Царева Е.В. Храп и синдром обструктивного апноэ сна у взрослых и детей: практ. рук. для врачей. М., 2013. 124 с.

2. Гольтяпин В.В. Стратегия поиска факторного отображения, характеризующего параметры внешнего дыхания и кислородного обмена // Сибирский журнал индустриальной математики. 2010. Т. XIII, № 3(43). С. 19–29.
3. Иберла К. Факторный анализ / пер. с нем. В.М. Иванова. М.: Статистика, 1980. 397 с.

УДК 615.37:576.8.097.2(048.8)+519.237.4

Г.И. Нечаева¹, М.И. Шупина¹, Е.В. Надей¹, В.В. Гольтяпин²

¹Омский государственный медицинский университет,

г. Омск, Россия

²Омский филиал Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН,

г. Омск, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОДНОФАКТОРНОГО ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА В ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОВОДИМОЙ АЛЛЕРГЕНСПЕЦИФИЧЕСКОЙ ИММУНОТЕРАПИИ

Цель работы: оценить эффективность аллергенспецифической иммунотерапии (АСИТ) атопической бронхиальной астмы (БА), коморбидной с аллергическим ринитом (АР) и атопическим дерматитом (АтД) за трехлетний период посредством однофакторного дисперсионного анализа многоградационных признаков.

Материалы и методы: под наблюдением в течение 3 лет находилось 119 пациентов 18–35 лет с атопической формой БА средней тяжести, коморбидной с АР и АтД. Сформировано 2 исследуемые группы. Все пациенты, взятые в исследование, получали базисную противовоспалительную терапию с использованием топических ГКС (ингаляционных и наружных). Пациентам 1 группы дополнительно проводилась АСИТ 4 видами аллергенов.

Результаты исследования:

Проведен однофакторный дисперсионный анализ эффективности проводимой терапии по степени выраженности симптомов

атопической БА, АР и АтД. Выявлено, что на результативный признак «эффективность АСИТ» оказывает влияние выраженность симптомов АР (ринорея и заложенность носа), выраженность приступов удушья, выраженность кожных проявлений. В частности, дисперсионный анализ степени выраженности ринореи до проведения АСИТ указывает, что в динамике, через год от начала терапии на 13 % изменилась степень выраженности симптомов ринита у пациентов 1 группы по отношению к пациентам 2 группы ($\eta^2(x) = 0.13326$), с высокой степенью вероятности ($p = 0.00089$). Более четкий эффект терапии по изменению выраженности ринореи в I группе, получающей АСИТ, отмечен через 3 года от начала АСИТ ($\eta^2(x) = 0.16587$, $F = 11.53341$, $p = 0.00003$). При анализе степени выраженности заложенности носа эффективность АСИТ прослеживается спустя 2 года от начала терапии со стабилизацией через 3 года на фоне проводимой терапии ($\eta^2(x) = 0.14301$, $F = 9.67881$ и $\eta^2(x) = 0.13816$, $F = 9.29799$ соответственно). Уже спустя год от начала терапии выявлен положительный эффект лечения атопической БА в виде уменьшения частоты и выраженности приступов удушья на 13 %, через 2 года на 29 % и через три года на 48 % от исходного значения.

При анализе симптомов АР эффективность АСИТ, в виде отсутствия явлений ринита, прослеживается спустя 2 года от начала терапии со стабилизацией через 3 года (в 42 и 57 % случаев). По эффективности проводимой терапии отмечен более выраженный эффект на течение АтД, что в динамике от исходного состояния через 2, 3 год от лечения составляет 21,39 и 55 % соответственно по выраженности зуда 10,47 и 59 % по выраженности кожных проявлений.

При сравнении показателей по таблице сопряженных признаков, в разработанной нами программе изучения эффективности АСИТ, была отмечена высокая корреляция между симптомами АР и приступами удушья; кожными проявлениями и приступами удушья, а также зависимость симптомов зуда и сыпи между собой при АтД в сочетании с БА. В частности, в начале 1-го года АСИТ возможны взаимосвязи различных степеней тяжести симптомов между собой в процентном соотношении. Так зависимость параметров кожных проявлений и выраженности

приступов удушья к концу 2-го года АСИТ указывает, что вероятность нулевой степени приступов удушья и нулевой степени зуда кожи достигает 75 %, а к концу 3-го года – 97 %. Уменьшение значений выраженности кожных проявлений дает основание предполагать первостепенное значение АСИТ. Уменьшение степени тяжести проявлений и их сочетание еще раз подчеркивает эффективность АСИТ для обеих нозологических форм и позволяет со значительной степенью вероятности спрогнозировать ее эффективность в динамике.

При сравнении в динамике этих же параметров у пациентов с АтД и атопической БА, не получавших АСИТ, мы прослеживаем нарастание, как степени тяжести проявлений, так и варианты их сочетания к третьему году наблюдения. Эти зависимости, прослеженные в динамике в течение 3 лет, продемонстрировали возможность прогнозирования их сочетания в определенной степени тяжести клинических проявлений.

Литература

1. *Гуцин И.С., Курбачева О.М.* Аллергия и аллергенспецифическая иммунотерапия. М.: Фармарус Принт Медиа, 2010.
2. *Wenzel S.E.* Asthma phenotypes: the evolution from clinical to molecular approaches // *Nat. Med.* 2012. Vol. 18. № 2. P. 716–725.
3. *Плохинский Н.А.* Биометрия. М.: Изд. МГУ, 1970. 367 с.

В.А. Филимонов

*Омский филиал Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН,
г. Омск, Россия*

КОНЦЕПЦИЯ АЛЬГЕДОНИЧЕСКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ ГОМЕОСТАТИКИ И РЕФЛЕКСИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ*

Нейронные сети, по словам одного из классиков этого направления А.Н. Горбаня, переживают период третьего пришествия. Одна из причин этого – совершенствование алгоритмов обучения нейронных сетей. Алгоритмы, предложенные А.Н. Горбанём, эффективно используют информацию об ошибках при обучении нейронной сети на множестве массивов данных, использованных для обучения. Однако результаты Сугаты Митры по групповому самообучению детей [1] демонстрируют, что в системе образования поощрение достижений более эффективно, чем наказание за ошибки.

Достаточно давно существует концепция дуального (гомеостатического) управления. Приведём цитату из [2]: «...кибернетики... вполне понимают необходимость включить в структуру сложного гомеостата механизм вознаграждения и наказания. В простом гомеостате... такой специальной подсистемы не требуется; подобный “альгедонический” контроль необходим только в очень сложных системах со многими равновесными состояниями, системах, которые могут стремиться ко многим целям по многим самопрограммируемым путям».

В публикациях [3; 4] была рассмотрена потенциальная возможность совместного использования моделей гомеостатики

* Автор выражает признательность А.Н. Горбаню, который на лекции «Интеллектуальные нейронные сети» в Красноярском федеральном университете 21.09.2017 г. дал автору развернутый ответ на вопрос об альгедонических нейронных сетях. Этот ответ стал стимулом к написанию данной статьи.

Ю.М. Горского [5] и моделей рефлексивного управления В.А. Лефевра [6] для моделирования популяций с рефлексией. В модели Ю.М. Горского принципиальным моментом является наличие противоречия между двумя Исполнителями, которое (противоречие, а не Исполнители) управляется Шефом. В модели В.А. Лефевра принципиальным является наличие противоречия в форме позитивного и негативного полюсов биполярного выбора субъекта. Именно возможность констатации таких полюсов, как предпосылка биполярного выбора, является фундаментальным свойством одушевлённых систем. В этой модели нет прямого аналога Шефа, но есть возможность подбора группы с отношениями союза и конфликта, которая будет формировать заданное поведение Исполнителей. В модели В.А. Лефевра есть также внешний навигатор, определяющий поведение одушевлённого существа в точках бифуркации.

Замечательным примером использования альгедонического управления является проект Ст. Бира «**Киберсин**» (Cybersyn), техническим ядром которого была Ситуационная комната – предшественница современных ситуационных центров. Приведём цитату из [7]: *«Одна из стен в Ситуационной комнате была зарезервирована под проект “Киберфолк” (Cyberfolk) – попытку отслеживать “показатели счастья” во всём Чили. Стаффорд Бир создал устройство, позволяющее гражданам страны, не покидая своих квартир, перемещать стрелку на специальном циферблате, который указывал шкалу настроений от крайнего несчастья до полного блаженства».*

Проект Стаффорда Бира, реализованный на очень ограниченных ресурсах, обретает второе дыхание: в 2007 г. началась его реконструкция [8]. Этот проект вдохновляет на эксперименты по использованию альгедонического управления в различных областях, в том числе в области нейронных сетей.

Литература

1. *Mitra S.* Build a school in the Cloud. URL: https://www.ted.com/talks/sugata_mitra_build_a_school_in_the_cloud.
2. *Лем С.* Сумма технологии. М.: Мир, 1968. 608 с.
3. *Филимонов В.А., Филимонова Т.А.* Гомеостатические системы рефлексивного управления популяциями: подход к анализу и проекти-

рованию // Математические структуры и моделирование. 2014. № 3(31). С. 99–108.

4. *Filimonov V.A.* The Uncertainty of a Control and the Control of an Uncertainty // Applied Methods of Statistical Analysis. Nonparametric Methods in Cybernetics and System Analysis: AMSA'2017, Krasnoyarsk, Russia, 18–22 September, 2017: Proceedings of the International Workshop. Novosibirsk: NSTU publ., 2017. P. 311–316.
5. *Горский Ю.М.* Основы гомеостатики. Гармония и дисгармония в живых, природных, социальных и искусственных системах. Иркутск: Изд-во ИГЭА, 1998. 337 с.
6. *Лефевр В.А.* Что такое одушевлённость. 2-е изд. М.: Когито-Центр, 2017. 123 с.
7. *Чурилов Д.* «Дедушка» EDI и MasterData. История проекта «Киберсин». URL: <https://ediweb.com/ru-ru/company/blog/-dedushka-edi-i-masterdata-istoriya-proekta-kibersin->.
8. *Отоцкий Л.* Реконструкция проекта Киберсин Стэффорда Бира. URL: http://ototsky.mgn.ru/it/papers/karlsruhe_source.htm.

УДК 538.9

М.П. Маркова

*Омский государственный технический университет,
г. Омск, Россия*

ИЗМЕНЕНИЕ ФРАКТАЛЬНОСТИ КЛАСТЕРОВ СОРБИРОВАННЫХ МОЛЕКУЛ ПРИ АННИГИЛЯЦИОННЫХ ПРОЦЕССАХ

Закономерности динамики электронных возбуждений в неупорядоченных системах существенно отличаются от аналогичных процессов в однородных средах. Это связано с тем, что в неупорядоченных молекулярных системах скорость и эффективность фотофизических процессов определяются геометрией поверхности – носителя молекулярных систем, пространственным распределением взаимодействующих молекул, энергией взаимо-

действия молекул активатора с ближайшим окружением, случайно изменяющимся от центра к центру [1]. Перенос энергии электронного возбуждения в таких системах приводит к пространственному разделению реагентов и образованию фрактальных кластеров. Геометрия образующихся кластеров будет определять кинетику затухания люминесценции.

С целью выяснения влияния фрактальности кластеров на кинетику аннигиляционной люминесценции в работе проведен анализ кинетических зависимостей аннигиляционной замедленной флуоресценции (АЗФ) и фосфоресценции (ФОС) молекул красителя бенгальского розового (БР) и ароматического углеводорода антрацена (Ан), сорбированных на фрактальной поверхности широкопористого кремнезема, в диапазоне температур от 173 до 293 К при различной концентрации антрацена. Концентрация молекул красителя в исследуемых образцах оставалась постоянной ($7,4 \cdot 10^{-4}$ мол/нм²), а концентрация молекул антрацена изменялась от $3,9 \cdot 10^{-1}$ моль/л до $3,9 \cdot 10^{-2}$ мол/нм². Соотношение степеней покрытия поверхности сорбента молекулами БР и Ан составляло 1:1, 1:4, 1:40. Кинетика люминесценции образцов регистрировалась по методике описанной в работе [2].

Индукцируемые световым импульсом триплетные состояния молекул красителя являются донорами триплетной энергии по отношению к молекулам антрацена, генерация триплетных состояний которого осуществлялась только в результате безызлучательного триплет-триплетного переноса энергии. Наблюдаемая при указанных условиях кинетика замедленной флуоресценции антрацена и красителя качественно отличается от аналогичных кинетических зависимостей для однокомпонентных систем.

При этом интенсивность ЗФ донора и акцептора нарастает на некотором характерном временном участке. Время нарастания свечения различно для каждого из компонентов и изменяется при разных температурах матрицы и соотношениях концентраций донора и акцептора. Наблюдаемая кинетика ЗФ обусловлена процессами гетероаннигиляции, приводящими к нелинейному режиму дезактивации. Следствием нелинейности процессов дезактивации являлись неэкспоненциальный характер затухания ЗФ и временная зависимость константы скорости аннигиляции, что

приводит к необходимости учета межчастичного распределения и топологии образующихся фрактальных кластеров.

С этой целью в работе проведен расчет параметра неоднородности $h_{\text{экс}}$ для различных временных участков экспериментальной кинетической кривой. Параметр неоднородности связан с фрактальной размерностью (f) и с размерностью хаусдорфа (D_0) соотношениями:

$$h = 1 - f, \quad h = 1 - \frac{\ln(D_0 + 1)}{\ln(D_0 + 3)}, \quad (1)$$

Вычисленные значения $h_{\text{экс}}$ сравнивались с результатами расчета $h_{\text{моо}}$ при проведении компьютерного моделирования парных взаимодействий в двухкомпонентных системах методом вероятностного клеточного автомата, описанным в работе [3], и мультифрактального анализа полученных распределений реагентов на разных итерациях. Для возможности сопоставления результатов эксперимента и моделирования использовалась безразмерная величина k_t , где k - константа скорости реакции, определяемая на дальневременном участке кинетической кривой. Применимость подобного моделирования обоснована в работе [4].

Таким образом, анализ экспериментальных кинетических зависимостей и результатов компьютерного моделирования указывают на то, что, на поверхности сорбента образуются области с локально высокой концентрацией реагентов, в которых эффективность процессов аннигиляции увеличивается. При этом, увеличение концентрации молекул акцептора, приводящее к изменению локального окружения молекул красителя не приводит к увеличению размеров кластеров.

Литература

1. *Багнич С.А.* Миграция триплетных возбуждений сложных молекул в неупорядоченных средах и в системах с ограниченной геометрией // Физика твердого тела. 2000. Т. 42. Вып. 10. С. 1729–1756.
2. *Карстина С.Г., Брюханов В.В., Маркова М.П.* Гомо- и гетероаннигиляция триплетно-возбужденных молекул бенгальского розового и антрацена на кремнеземе в широком интервале температур // Журнал прикладной спектроскопии. 2003. Т. 70. № 5. С. 646–651.

3. Карстина С.Г., Бактыбеков К.С., Вертягина Е.Н. Анализ кинетики затухания люминесценции на поверхности SiO₂ при различных температурах на основе мультифрактального формализма // Известия вузов. Физика. 2005. Т. 48. № 6. С. 3–9.
4. Бактыбеков К.С., Карстина С.Г., Маркова М.П., Васильева И.Ф. Исследование характера затухания фосфоресценции в доноро-акцепторной паре на структурно-неоднородной поверхности // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2004. Т. 1. № 1. С. 128–132.

УДК 004.9:631.4+519.839

Л.А. Володченкова

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ЗАЩИТА ЛЕСНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ. КИБЕРНЕТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Лес является важнейшей составляющей экономики России. Защита лесных насаждений является важной задачей лесных управлений регионов. Любое лесозащитное мероприятие требует финансовых вложений, и, естественно, соответствующие денежные инвестиции должны быть эффективно потрачены. Лесозащитные мероприятия – это обширный перечень работ, которые должны быть проведены в определённые периоды времени года работниками региональных лесных управлений в соответствии с разработанными и утверждёнными Лесными планами. Природа может приносить неожиданные сюрпризы, которые сводят на нет некоторые проведённые лесозащитные мероприятия, что следует рассматривать как напрасно потраченные деньги, т. е. следует рассматривать как убытки, понесённые лесным управлением региона.

Предлагается смотреть на отношения природы и лесного управления с точки зрения теории игр. Тогда убытки лесного управления – это выигрыш игрока, именуемого «природа». Сама

игра с «природой» проходит в условиях неопределённости, т. е. отсутствия полной информации о стратегиях игрока «природа». Была установлена возможность применения стратегических игр к выработке стратегии поведения лесного управления [1]. Более полноценным в решении задач по защите лесов является моделирование с помощью стохастических игр [2; 3]. Как показано в [4], в случае описания лесной экосистемы с помощью дифференциальных уравнений, для выявления оптимального управления лесом можно использовать теорию дифференциальных игр.

Литература

1. *Володченко Л.А., Гуц А.К.* Защита леса как стратегическая игра // Математические структуры и моделирование. 2013. № 2(28). С. 43–48.
2. Защита леса как стохастическая игра // Математические структуры и моделирование. 2014. № 2 (30). С. 49–61.
3. *Володченко Л.А., Гуц А.К.* Защита леса от болезней и вредителей с точки зрения теории игр // Вестник Тюменского государственного университета. Физико-математическое моделирование. 2016. № 1. С. 110–123.
4. *Володченко Л.А., Гуц А.К.* Дифференциальные игры в экологии человека и в социологии // Математические структуры и моделирование. 2016. № 3 (39). С. 110–118.

УДК 519.872

Е.И. Федорова, И.П. Бесценный

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

МОДЕЛЬ УСПЕШНОГО ОБУЧЕНИЯ

Успешность обучения студентов в вузе зависит от множества факторов. В исследовании была предпринята попытка анализа влияния некоторых внешних факторов на успешность обу-

чения студентов. В качестве результативного показателя выступили набранные студентами суммарные баллы за сданные сессии. В качестве факторов, которые могут повлиять на успешность обучения, были выделены:

- 1) уровень довузовской подготовки (балл ЕГЭ по математике, суммарный балл ЕГЭ по вступительным испытаниям, средний балл аттестата);
- 2) бюджетная или коммерческая основа обучения;
- 3) должностной статус родителей, уровень дохода родителей, уровень образования родителей;
- 4) интерес к профессии (приоритеты выбора факультета и специальности при поступлении);
- 5) трудовая занятость, время, потраченное на нее;
- 6) проживание в общежитие, на съемной квартире, дома;
- 7) число пропусков занятий;
- 8) пол;
- 9) возраст.

Корреляционный анализ позволяет убрать факторы, слабо связанные с результативным показателем, убрать дублирующие факторы. Для модели успешности обучения в зависимости от выделенных факторов был выбран регрессионный анализ. Рассматривалась парная регрессия (были использованы линейная, полиномиальная, степенная, экспоненциальная, логарифмическая формы регрессии), были выделены функции регрессии наиболее адекватные исходным данным. В дальнейшем описание связей переменных осуществлялось при использовании множественной регрессии в линейной $y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \dots + b_nX_n$ и в степенной $y = B_0X_1^{B_1}X_2^{B_2}\dots X_n^{B_n}$ формах. В последних случаях изучался и прогнозировался результативный показатель в зависимости от значений выбранного фактора.

Данная модель была апробирована на факультете компьютерных наук, используя анкетные опросы студентов 1-го и 2-го курсов.

С.А. Глазырин, И.И. Фураева, Н.С. Глазырина

*Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
г. Астана, Казахстан*

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ОЧИСТКИ ВОДЫ В ЭНЕРГЕТИКЕ С ПОМОЩЬЮ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

От качества используемой в энергетике в качестве теплоносителя воды, зависит надежность и длительность работы оборудования, что в свою очередь определяет ежегодные затраты на ремонт используемого оборудования, и, соответственно, влияет на себестоимость вырабатываемой электрической и тепловой энергии. Основным процессом очистки воды на тепловых электростанциях является последовательное Н-ОН-ионирование [1, с. 22]. Одной из важных задач оптимизации технологий очистки воды является определение основных показателей Н-катионитных фильтров первой ступени к которым относятся: диаметр фильтра, высота фильтрующего слоя, скорость фильтрования. При этом необходимо решить задачу определения минимального объема сбросных отмывочных и регенерационных вод и рассчитать оптимальные значения технологических показателей.

Для технологических операций регенерации и отмывки были составлены математические модели. Уравнение регенерации

$$q'_0 = q_0 - \frac{C_{0,p}}{k_{i,j}-1} * \left(\sqrt{\frac{V_{per}}{V_0}} - \varepsilon - \sqrt{k_{i,j}/h} \right)^2, \quad (1)$$

где q'_0 – полная рабочая обменная емкость, мг-экв/мл; q_0 – полная обменная емкость, мг-экв/мл; $C_{0,p}$ – концентрация регенерационного раствора, мг-экв/мл; ε – пористость катионита; $k_{i,j}$ – константа ионного обмена; $h = C_{0,p}/q_0$ – распределительное отношение; V_{per} – объем пропущенного регенерационного раствора, м³; V_0 – объем смолы, загруженной в фильтр, м³.

Расход воды на приготовление регенерационного раствора является исследуемым параметром, влияющим на объем сбросных вод. От количества регенерационного раствора зависит количество регенераций ионита и, следовательно, время работы фильтра.

Объем раствора, пропущенного на отмывку, рассчитывается в два этапа: в первый период по уравнению

$$V_{\text{отм1}} = 0.181V_0 + 9.36 Q, \quad (2)$$

где Q – расход отмывочной воды, м³/мин; $V_{\text{отм}}$ – объем пропущенной отмывочной воды, м³;

во второй период – по выражению

$$V_{\text{отм2}} = 2,426V_0 + 21.097Q \ln \frac{0.000135}{C_{H^+}}, \quad (3)$$

где C_{H^+} – концентрация иона H^+ в фильтре.

Общий расход отмывочной воды рассчитали по уравнению

$$V_{\text{отм}} = V_{\text{отм1}} + V_{\text{отм2}} \quad (4)$$

Для расчета времени работы Н-катионитного фильтра до появления в фильтрате улавливаемых ионов j использовали уравнение

$$t = \frac{xq_0}{V_{\text{ап}}C_0}, \quad (5)$$

где x – высота фильтрующего слоя, м; $V_{\text{ап}}$ – скорость фильтрования, м/с; $C_0 = C_i + C_j$, $q_0 = q_i + q_j$, q_i и C_i – концентрации обменивающихся ионов i, j соответственно в ионите и в растворе.

Объем Н-катионированной воды за цикл работы фильтра рассчитали по формуле

$$V_{\phi} = tfV_{\text{ап}}, \quad (6)$$

где V_{ϕ} – объем фильтрата, м³; $f = \frac{\pi D^2}{4}$ – площадь фильтрования, м²; D – диаметр фильтра, м.

С учетом приведенных уравнений, выражение, позволяющее вычислить коэффициент расхода воды на собственные нужды

$$F = \frac{V_{\text{отм}} + V_{\text{рег}}}{V_{\phi}}, \quad (7)$$

где $F = f(D, x, V_{\text{ап}}, V_{\text{рег}})$ – функция четырех независимых переменных.

Для определения минимума функции F был использован метод Хука – Дживса.

Данные, полученные в результате расчета, совпали с экспериментальными данными, полученными на тепловой электростанции.

Литература

1. Глазырин А.И., Музыка Л.П., Кабдуалиева М.М. Подготовка воды для тепловых электростанций и промышленных предприятий: учебное пособие. Алматы: Республиканский издательский кабинет, 1997.

УДК 530.1+519.85

Е.В. Трушникова

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ФАЗОВОГО ПЕРЕХОДА В ПОЛУОГРАНИЧЕННОЙ АНТИФЕРРОМАГНИТНОЙ МОДЕЛИ ИЗИНГА

Наличие в системе свободной поверхности может приводить к появлению новых магнитных свойств, отсутствующих в объеме вещества. Явление поверхностного магнетизма состоит в отличии температуры упорядочивания спинов на поверхности от температуры упорядочивания остальных спинов системы.

В работах [1; 2] на основе феноменологического подхода построена фазовая диаграмма для ферромагнитных систем, содержащая три фазы: неупорядоченная фаза (SD/BD), поверхностно-упорядоченная объемно-неупорядоченная фаза (SO/BD) и поверхностно-упорядоченная объемно-упорядоченная фаза (SO/BO).

Между этими тремя фазами наблюдается три вида фазовых переходов. Пересечение трех линий фазовых переходов образует трикритическую точку.

Целью данной статьи является исследование фазовых переходов в полуограниченной антиферромагнитной модели Изинга методом компьютерного моделирования при различных значениях поверхностной энергии.

В данной работе проводилось компьютерное моделирование трехмерных изинговских систем с кубической решеткой, имеющих линейные размеры $L \times L \times 2L$ (от $L = 12$ до $L = 32$ с шагом $\Delta L = 4$) методом Монте-Карло с помощью алгоритма Метрополиса. Количество шагов Монте-Карло на спин было равно $3 \cdot 10^5$. Значение отношения обменных интегралов $R = J_S/J_B$ пробегало значения от $R = 0.5$ до $R = 2.0$ с шагом $\Delta R = 0.1$, на отрезке от $R = 1.30$ до $R = 1.45$ моделирование осуществлялось с шагом $\Delta R = 0.01$.

Гамильтониан полуограниченной антиферромагнитной модели Изинга может быть записан в следующем виде:

$$H = -J_B \sum_B S_i S_j - J_S \sum_S S_i S_j - J_S \sum_{BS} S_i S_j, \quad (1)$$

где S_i – значения спина в i -м узле. Суммирование осуществляется только по ближайшим соседям. Первая сумма в Гамильтониане вычисляется только по парам спинов, расположенным не на поверхности. Вторая сумма включает в себя только пары поверхностных спинов. В третьей сумме рассматриваются пары, в которых один из спинов расположен на поверхности системы, а второй спин – в первом подповерхностном слое.

Критическая температура перехода определялась с помощью объемных и поверхностных куммулянтов Биндера четвертого порядка:

$$U = 1 - \frac{\langle m^4 \rangle}{3 \langle m^2 \rangle^2}, \quad U_S = 1 - \frac{\langle m_S^4 \rangle}{3 \langle m_S^2 \rangle^2}. \quad (2)$$

Температура фазового перехода может быть определена по положению точки пересечения куммулянтов для систем с различными размерами L . По точке пересечения объемных куммулянтов U определялась температура объемного фазового перехода T_N , по точке пересечения поверхностных куммулянтов U_S – температура поверхностного фазового перехода T_S .

Для каждого значения R определялись критическая температура фазового перехода на поверхности системы, температура фазовых переходов в первых семи подповерхностных слоях, а также температура Нееля для основного объема системы.

Температура объемного фазового перехода не зависит от R и является постоянной, совпадающей с температурой Нееля для неограниченной трехмерной антиферромагнитной модели Изинга $T_N = 4.51$. Температура поверхностного фазового перехода T_S растет с увеличением R . Линии объемного и поверхностного фазовых переходов пересекаются в одной точке $R_0 = 1.38$, образуя тетракритическую точку. Таким образом система может находиться в четырех фазах: SD/BD, SO/BO, SO/BD и SD/BO.

Поведение температуры поверхностного перехода существенно различается при удалении от тетракритической точки по оси R . При $R > R_0$ наблюдается монотонный рост T_S при увеличении R . При $R < R_0$ поверхностная температура при уменьшении R сначала монотонно убывает, однако, начиная с $R = R_l$ стабилизируется на значении $T_S = 4.40$ и далее остается неизменной. В нашем компьютерном эксперименте было получено $R_l = 1.0$.

Результаты: Поведение полуограниченной антиферромагнитной модели Изинга существенно отличается как от поведения ферромагнитного аналога, так и от предсказаний теории среднего поля. Прежде всего, необходимо отметить тетракритический, а не трикритический характер мультикритической точки. Во-вторых, при определенных значениях отношения обменных интегралов может существовать фаза, в которой наблюдается объемное упорядочение спинов при отсутствии поверхностного порядка. Существование данной фазы подтверждается в ряде экспериментальных работ.

Литература

1. *Binder K.* Phase transition and critical phenomena 3, 325 (1983).
2. *Diehl H. W.* J. Mod. Phys. B. 11, 3503 (1997).

UDC 519.7

J. Lorkowski, O. Kosheleva, V. Kreinovich

University of Texas at El Paso, El Paso, Texas, USA

**ARE PEOPLE REALLY IRRATIONAL? NAÏVE ANALYSIS SAYS
“YES”, BUT DETAILED UTILITY-BASED ANALYSIS SAYS
“RARELY”**

Formulation of the Problem. A recent book [3] by a 2017 Economics Nobel Prize winner Richard H. Thaler contains several examples that intend to show that people often behave irrationally.

Several similar examples appeared in a book by another Nobel Prize winner, Daniel Kahneman [1]. In [2], we showed that most of these examples can be explained – both qualitatively and quantitatively – if we take into account that our ability to process information is limited. In this paper, we show that a similar explanation is possible for Thaler’s examples as well.

Case study. Many examples of seemingly irrational behavior are presented in Chapter 3 of [3]. In this paper, we provide an explanation for the first example; similar explanations are possible for most other examples.

In this example, two graduate students get, as a gift, two expensive tickets to a professional basketball game. The stadium where the game is scheduled to be is an hour and a half drive from the students’ residence. They originally plan to attend the game, but on the day of the game, there is a big snowstorm which makes driving difficult. Because of the snowstorm, they decide not to go. However, they notice that if they had bought these tickets, they would have driven to the game.

On the surface, this indeed sounds irrational: in both cases – of free and of bought tickets – they have the tickets already, so why should their behavior depend on the origin of the tickets?

Our explanation. In both cases, the students consider the value G of attending the game versus the negative value $S = -|S|$ of driving through a snowstorm. If the students stay at home, they do not get any fun from watching the game live, but on the other hand, they do not have to drive in a snowstorm, so their overall gain is 0. On the other hand, if the students decided to drive, they would gain the equivalent amount G and lose the equivalent amount $|S|$, so the overall gain will be equal to the difference $G - |S|$.

The fact that the students decided to stay at home means that for them, the difference $G - |S|$ is smaller than 0, i.e., $G < |S|$. In other words, their potential value of watching the game is smaller than the negative value caused by driving in a snowstorm.

So what would have been different if the students bought the tickets? That would mean that to them, the value V of attending the game is larger than (or equal to) the value of the cost of the tickets C : $V > C$ or at least $V = C$. In this case, the students' remark that they would have attended the game if they bought the tickets simply means that in this case, the value V of attending the game would have been much larger than the discomfort $-|S|$ of driving in a snowstorm. In other words, this remark means that for every value V which is larger than or equal to C , we have $V > |S|$. Thus, we have $C > |S|$.

So, there is no contradiction: we have $V < |S|$ but $C > |S|$. This is in perfect accordance with the fact that the students did not buy the tickets: if the value V of attending the game was, to the students, larger than the cost C of buying the tickets, they would have bought them themselves. The fact that they did not buy the tickets shows that for the students, $V < C$. So, there is no contradiction with the fact that the smaller value V is smaller than the discomfort $|S|$ of driving in a snowstorm, while the larger value C is larger than this discomfort value $|S|$.

An auxiliary question is: why did not the students sell these tickets? This way, they could exchange something which is of lower value to them for an amount C that would enable them to buy things that they value more and thus, gain more satisfaction. Well, there is a cultural prohibition against selling or re-gifting gifts, such selling comes

with a strong social stigma. The resulting negative experiences that are usually not worthy the gain from selling the gift.

Another example. A person P likes an expensive sweater but decides not to buy it, since it is too expensive. His wife – with whom they share the finances – gives him this sweater as a birthday gift; he is happy. What changed?

The fact that they are both happy means that the value V to both of them of P having this sweater is larger than this sweater's cost C. From this viewpoint, if P knew that his wife would approve this purchase, he would have bought it himself. However, since he was not sure about that, he did not know whether the joint value V would be larger than C or not, so he did not buy the sweater himself. Again, no contradiction, no irrationality.

References

1. *Kahneman D.* Thinking, fast, and slow. New York: Farrar, Straus, and Giroux, 2011.
2. *Lorkowski J., Kreinovich V.* Bounded rationality in decision making under uncertainty: towards optimal granularity. Cham, Switzerland: Springer Verlag, 2018.
3. *Thaler R.H.* Misbehaving: the making of behavioral economics. New York: Norton, 2015.

UDC 519.7

O. Kosheleva, V. Kreinovich

University of Texas at El Paso, El Paso, Texas, USA

WHY CHINESE PEOPLE ARE PERCEIVED AS LOUDER? AN EXPLANATION

Formulation of the Problem. Chinese people are often perceived as being louder than many others. In this paper, we provide a possible explanation for this phenomenon.

Our Explanation. All languages use intonation to convey the meaning. In the Indo-European languages like English intonation is used to convey, e.g., whether a phrase is a statement or a question, “I do” versus “I do?”. However, the meaning of individual words does not change when we change the intonation.

In contrast, in Chinese, the intonation changes the meaning of each word. The classical example is that, depending on whether we use the intonation in which the intensity of sound increases or decreases with time, the same word "ma" can have many meanings ranging from mother to horse.

This phenomenon is similar to the difference between Amplitude Modulation (AM) and Frequency Modulation (FM): in AM, the useful signal is conveyed by changing the amplitude of the transmitted radio signal, while in FM, it is conveyed by changing its frequency. In linguistics, different frequencies correspond to different phonemes. From this viewpoint, Indo-European languages mostly use FM to convey the meaning, while the Chinese language uses AM as well.

This explains why Chinese people are perceived as louder: if we do not need intonation to convey the meaning of each word, we can say all the words in a very low voice, using the smallest possible intensity that enables the listener to understand. On the other hand, if we need different levels of intensity to convey the meaning, we cannot stay at the same lowest level of intensity all the time, we need to use several clearly distinguishable levels – and thus, even when people try to speak as quietly as possible, the average intensity of the talk is louder than the intensity of a similar talk in an Indo-European language.

References

1. National Association of Broadcasters Engineering Handbook / Ed. G.C. Cavell. London, Routledge, 2018.

O. Kosheleva, V. Kreinovich

University of Texas at El Paso, El Paso, Texas, USA

**“PORAZHENIA OT POBEDY”: WHY SHOULD NOT WE
BE ABLE TO DISTINGUISH DEFEAT FROM VICTORY?**

Formulation of the Problem. In one of his most famous poems, the Nobelist Boris Pasternak suggested that while we should strive for the best result, we should not be able to distinguish our defeats from our victories.

We may get a feeling that this is a right advice but why? How can we explain this advice in rational terms?

Our explanation. While it is important to come up with small short-term improvements – improvements that explain most of the continuing science and technology progress – it is also important not to forget the need for a long-term vision.

It is usually rather easy to predict the success of a minor improvement, but for long-term ideas, such predictions are not easy. These predictions are not easy for general public, and they are not easy for their authors as well. Who knows, maybe modern string theory or modern abstract mathematics – often decried as practically useless intellectual exercises – will in the future become practically useful.

Many people know that Einstein – who is currently most revered for his Relativity Theory – got his Nobel prize not for this theory, but for his work on photo-effect. This is an example of others not realizing the greatness of an idea. However, there are also many examples of the authors themselves not realizing the greatness of their ideas.

Isaac Newton, the father of modern physics, most valued not his physics, but his interpretation of the Bible – and who knows, maybe hundreds more years from now, this will indeed be viewed as his main achievement?

G.H. Hardy, the well-known specialist in abstract number theory – and even more well-known as a co-author of the famous Indian self-taught mathematical genius Ramanujan – stated in his popular

book [1] that he was proud that none of his theoretical results have even been or will ever be used. And this was a few years before his (and others') research in number theory provided a basis for modern cryptographic algorithms, algorithms without which electronic commerce would be impossible.

From this viewpoint, if an author can predict the success of his/her ideas, if he/she can distinguish victory from defeat – this means that he/she did not go deep enough. Only when one can no longer distinguish them, the author has possibly ventured into true greatness.

References

1. *Hardy G.H.* A mathematician's apology. North Charleston, SC: Create Space Independent Publishing Platform, 2011.

УДК 316.3/4

И.А. Огородникова¹, К.В. Павленко², М.В. Озерова³

*¹Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

*²Институт Образования Национального исследовательского
университета «Высшая школа экономики», г. Москва, Россия*

³СРЕДА-М, г. Москва, Россия

ЗАВОД КАК МЕСТО ТРУДОУСТРОЙСТВА МОЛОДЕЖИ: ОБЪЯСНИТЕЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ / НЕПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ*

Прогнозируемая роботизация промышленных предприятий еще не вступила в свои права, и дефицит квалифицированных

* Исследование проведено за счет средств государственной поддержки, выделенные в качестве гранта Институтом общественного проектирования по итогам VI Конкурса «Проблемы развития современного российского общества», проведенного в соответствии с распоряжением Президента Российской Федерации от 3 мая 2012 года № 216-рп.

рабочих является неотъемлемой чертой современного рынка труда в России [1].

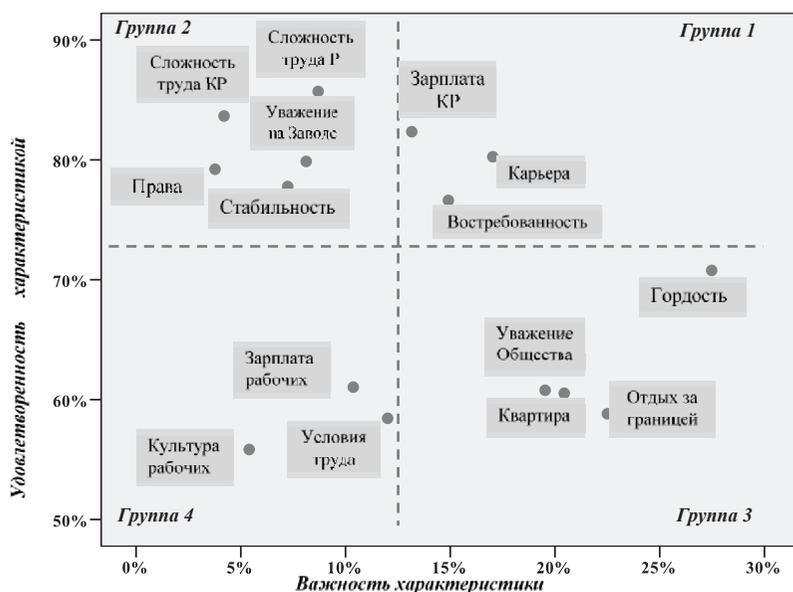
Начиная с 90-х годов XX века, произошло изменение экономической и социальной привлекательности секторов экономики, отраслей, предприятий, профессий. Это существенно повлияло на формирование образовательных и профессиональных ориентаций молодежи, на выбор профессии, на реальное трудоустройство после окончания учебного заведения [2].

В докладе представлен фрагмент исследования, проведенного на промышленных предприятиях, в ССУЗах и ПУ г. Омска¹. Решалась в частности задача: какую информацию необходимо использовать в профориентационной работе со студентами. Был использован прием «Needs & Gaps Analysis», применяемый в маркетинге при анализе сильных и слабых сторон продукта [3]. На основе предварительного исследования выделяются существенные характеристики продукта, которые потребителю предлагается оценить по двум шкалам – важности и удовлетворенности. В результате все характеристики разбиваются на 4 группы.

В качестве характеристик было выделено 12 оценок студентами объективного положения и престижа заводского рабочего: заработная плата рабочих, стабильная заработная плата, сложность труда рабочих, культурный уровень рабочих, социальная защищенность, условия труда, сложность труда квалифицированного рабочего, уважение на заводе, возможность занять руководящую должность, высокая заработная плата квалифицированных рабочих, востребованность на рынке труда, гордость своей профессией, уважение в обществе, возможность купить квартиру, возможность отдыха за границей. Студенты были разделены на две группы: желающие и не желающие пойти работать на завод [4].

На рис. представлены результаты анализа удовлетворенности и важности характеристик статуса квалифицированного рабочего. В качестве удовлетворенности используется количество согласных с данной характеристикой в группе студентов, которые хотят пойти работать на завод. В качестве важности используется разность между количеством согласных с каждой характеристикой в группах, желающих пойти работать на завод и не желающих пойти работать. Чем выше данная разность, тем более важной является характеристика.

На основе данной модели объяснения эмпирических данных можно ориентировать профориентационную работу. Полученные результаты дают основание выбирать, какую информацию следует использовать для демонстрации положительных сторон статуса квалифицированного заводского рабочего, какие характеристики потенциально приемлемы для молодежи, но требуют дополнительного объяснения, а какие не рекомендуется включать в информационное поле.



Карта удовлетворенности и важности различных характеристик статуса заводского рабочего

Литература

1. Шершнева Е.Л. О причинах дефицита квалифицированных рабочих на российском рынке труда: спрос на профессиональную подготовку со стороны рабочих // Журнал социологии и социальной антропологии. 2011. Т. 14. № 3. С. 140–160.
2. Константиновский Д.Л., Вознесенская Е.Д., Чередниченко Г.А. Молодежь России на рубеже XX–XXI веков: образование, труд, социальное самочувствие. М.: ЦСПиМ, 2014.

3. *Матюшкин В.* Карты восприятия брендов: наука и искусство презентации результатов исследования заказчику // Реклама: теория и практика. 2005. № 2.
4. *Огородникова И.А., Павленко К.В., Озерова М.В.* Престиж статуса квалифицированного рабочего: по материалам социологического исследования в г. Омске: монография. Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2015. С. 207–266.

УДК 316.423

Ю.И. Деревянченко

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

КУЛЬТУРНО-ПОЛИТИЧЕСКОЕ ИЗМЕРЕНИЕ НОВЫХ СОЦИАЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ

Пространство личной жизни – сфера сексуальных, межполовых, возрастных проблем – в современном обществе политизируется сверху и снизу. Государство распространяет свой контроль на частную жизнь личности, обеспечивая людям социальные гарантии, которые им не может предоставить стихия рыночной экономики. В этом состоит политика социального обеспечения. Движения политизируют частную жизнь снизу, защищая ее от государственного манипулирования. Логика противостояния внешнему давлению объединяет различные по идейному содержанию движения – антиядерное, феминистское, экологическое, пацифистское, движение сексуальных меньшинств – в феномен «Новых социальных движений».

«Новые социальные движения», возникшие в 60-е годы XX века пришли на смену традиционным политическим партиям и профсоюзам и стихийно выступили против доминирования власти на разных уровнях (политика, образование, культура, отношения между полами и т. д). К 80–90-м годам теоретической базой этих движений стала «политика идентичности». Произошел перенос

внимания с политической борьбы, обусловливаемой чётко выраженной идеологической позицией, на социальную деятельность по изменению личности, образа жизни и культуры. Политика идентичности, ставит вопрос о культурном измерении политики.

Несмотря на то, что большинство движений считает себя неполитическими, они исповедуют новую парадигму политического участия – политику коллективных действий – и альтернативный образ жизни. Движения стремятся, чтобы общество признало их политическими субъектами, а результаты оказывали влияние не только на группу, интересы которой они представляют, а на общество в целом. Поэтому они могут считаться политическими, хотя их политика является альтернативной. Согласно традиционной политической парадигме, все социальные действия делятся на два вида: личные и общественные. Политика не должна вмешиваться в решение частных проблем. Однако модернизация приводит к тому, что благодаря развитию информационных систем социальный контроль начинает проникать и в частную жизнь. Новые движения оказываются между полюсами частной и общественной жизни, создавая новое пространство внеинституциональной политики. Они ставят проблемы, которые уже не являются частным делом личности, но еще не стали предметом официальной политики

УДК 316

А.С. Лисина

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

МОДЕЛЬ ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ТРУДОВОЙ ЖИЗНИ В ОРГАНИЗАЦИИ

Актуальность проблемы оценки качества трудовой жизни в организации связана в первую очередь с тем, что успешная деятельность любой организации зависит от полноценного функци-

онирования в ней социально-трудового механизма, когда работники получают удовлетворение от вложенного труда, а работодатель имеет возможность оптимизировать излишние затраты. Однако по данным Европейского социального исследования (European Social Survey – ESS), проведенного в 2006 г., в котором приняли участие 20 стран, Россия занимает последнее место по среднему значению удовлетворенности трудом (6,14) [1]. (Выборка (для 20 стран) составила 20890 человек, в том числе 1300 в России.)

Сегодня проблема оценки и повышения качества трудовой жизни имеет повышенный интерес еще и по той причине, что согласно Распоряжению Правительства РФ от 17.11.2008 № 1662-р (ред. от 10.02.2017) «О Концепции долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года» формирование новой инновационной экономики должно быть связано с преобразованием интеллектуального, творческого потенциала человека в ведущий фактор экономического развития.

В России проблема оценки качества трудовой жизни в организации стоит достаточно остро ввиду того, что на сегодняшний день нет единого общепринятого подхода к оценке качества трудовой жизни, но есть множество различных узконаправленных подходов, связанных не только с оценкой, но и пониманием такой категории как «качество трудовой жизни».

Качество трудовой жизни – это сложное интегральное понятие, которое включает в себя множество показателей, связанных с социальным обеспечением, условиями труда, заработной платой, возможностями роста и т. д. Выбор того или иного набора показателей качества трудовой жизни зависит от специфики организации и от тех социальных условий, которые там реализуются. Однако можно выделить общие для всех организаций показатели, основывающиеся как на нормах, прописанных в трудовом законодательстве, так и на основе работ зарубежных и российских исследователей. В качестве основы была рассмотрена и модернизирована классификация И.П. Поварича и О.К. Слинковой [2]. Выбранные показатели представлены в следующей таблице.

Показатели оценки качества трудовой жизни		
Показатели, детерминированные действием рационалистических мотивов трудовой деятельности:	Показатели, детерминированные действием социальных мотивов трудовой деятельности:	Показатели, детерминированные действием мотивов самоактуализации:
<ul style="list-style-type: none"> • условия труда • организация работы • правовая и социальная защищенность сотрудников • оплата труда, вознаграждения и льготы 	<ul style="list-style-type: none"> • морально-психологический климат в трудовом коллективе • информированность о делах в организации • возможность влиять на дела в организации (коллективе) • возможность карьерного роста 	<ul style="list-style-type: none"> • компетентность руководства • объективность оценки работы руководителем • ощущение собственной значимости • возможность профессионального роста

Данные показатели качества трудовой жизни могут быть замерены только в рамках субъективной оценки, которая представляет собой оценку удовлетворенности сотрудников организации вышеуказанными показателями. Расчет целесообразно производить по следующей формуле:

$$Y_i = (C_1 \cdot K_1 + C_2 \cdot K_2 + C_3 \cdot K_3 + C_4 \cdot K_4) / C_{\text{общ}},$$

где Y_i – степень удовлетворенности работников по i -му показателю; C_1, C_2, C_3, C_4 – численность совершенно удовлетворенных / скорее удовлетворенных / не вполне удовлетворенных / совершенно не удовлетворенных работников соответственно, по i -му показателю; K_1, K_2, K_3, K_4 – весовые коэффициенты, равные 3, 2, 1 и 0 соответственно; $C_{\text{общ}}$ – общая численность опрашиваемых [2].

Используя данный метод, можно дать количественную оценку уровня удовлетворенности трудом у сотрудников организации по ряду показателей, провести сравнительный анализ удовлетворенности по выделенным показателям, а также определить влияние структурных и гендерных особенностей работников на уровень их удовлетворенности трудом, что в дальнейшем позволит сделать вывод о качестве трудовой жизни в организации.

Литература

1. *Монусова Г.* Удовлетворенность трудом: межстрановые представления // *Мировая экономика и международные отношения.* 2008. № 12. С. 74–83.
2. *Поварич И.П., Слинкова О.К.* Методика и опыт социологического исследования удовлетворенности трудом работников предприятий // *Ползуновский вестник.* 2006. № 3-1.

И.В. Петрук

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ЕДИНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ПРОФИЛАКТИКИ ВИЧ-ИНФЕКЦИИ

В настоящее время, по оценкам Всемирной Организации Здравоохранения и Объединённая программа Организации Объединённых Наций по ВИЧ/СПИД, в мире официально зарегистрировано более 40 миллионов ВИЧ-инфицированных. В России на 1 июля 2017 года общее количество зарегистрированных людей с ВИЧ достигло отметки 1 167 581 человек, показатель пораженности на этот год составил 795,3 зараженных ВИЧ на 100 тысяч населения. Ежегодный прирост числа новых случаев ВИЧ-инфекции на территории России в среднем составляет 10 %.

ВИЧ-инфекцию на сегодняшний день излечить невозможно, поэтому единственно-верным способом сокращения числа новых случаев заражения является профилактика этого заболевания, которая в первую очередь осуществляется за счет повышения информированности населения о реальной угрозе заражения. Уровень информированности населения выступает показателем эффективности проводимой профилактической работы.

При изучении уровня информированности населения по проблеме ВИЧ-инфекции наиболее часто применяется метод социологического опроса. Основываясь на полученных в ходе опросов данных, СПИД-центры России планируют и корректируют проводимые профилактические мероприятия.

При такой актуальности социологических опросов в сфере профилактики ВИЧ-инфекции, на сегодняшний день накопленные массивы полученных данных об уровне информированности представителей разных целевых групп не поддаются сравнитель-

ному анализу по причине отсутствия единой систематизации получаемой в ходе исследований информации.

Основываясь на методических рекомендациях мониторинга и оценки эффективности мероприятий по профилактике ВИЧ-инфекции [2], важно создать единую систему оценки в области ВИЧ-инфекции.

В качестве единой системы оценки можно использовать находящийся в разработке индекс эффективности профилактики ВИЧ-инфекции, который представляет собой способ формализации результатов проводимых социологических исследований. Индекс содержит в себе пять самых основных показателей эффективности профилактической работы: знание путей заражения (половой, парентеральный, вертикальный), знания о неизлечимости ВИЧ-инфекции, знания о местах обследования (тестирования) на ВИЧ. Значение индекса, которое формируется за счет доли информированных по всем указанным аспектам заболевания, отражает информационную эффективность проводимых профилактических мероприятий. При этом стоит отметить, что разная доля респондентов информированных по тому или иному показателю, считается нормальной. Так, например, доля респондентов информированных о парентеральном пути заражения, считается нормальной, если она варьирует в пределах от 90 %, а доля респондентов информированных о местах тестирования на ВИЧ, в пределах от 60 %.

Единая система оценки будет использоваться систематически, так как каждое социологическое исследование в области профилактики ВИЧ-инфекции предполагает анализ пяти ключевых аспектов заболевания. Индекс может принимать следующие возможные значения: слабая, средняя и сильная формы информационной эффективности. Критерием классификации по степени эффективности является совокупная доля информированных респондентов по пяти ключевым вопросам о заболевании.

Информированность населения является ключевым компонентом в профилактической работе любого СПИД-центра, поскольку она позволяет избежать роста рискованного поведения в отношении ВИЧ-инфекции и выработать у людей соответствующую культуру предупреждения заражения. Единая система

оценки эффективности информационной профилактики ВИЧ-инфекции позволит изучить и проанализировать существующий уровень информированности населения, и в соответствии с полученными данными скорректировать транслируемую информацию, расставив нужные акценты на проблемных точках при организации мероприятий по профилактике заболевания вируса иммунодефицита человека.

Литература

1. Всемирная Организация Здравоохранения (ВОЗ). URL: <http://www.who.int/features/qa/71/ru/>.
2. Хальфин Р.А. Методические рекомендации. Мониторинг и оценка эффективности мероприятий по профилактике и лечению ВИЧ-инфекции. М.: Мысль, 2007.

**Секция
«Компьютерные науки
и информационная безопасность»**

УДК 519.6:004

Е.А. Корчевская, Л.В. Маркова

*Витебский государственный университет им. П.М. Машерова,
г. Витебск, Беларусь*

**ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО
АЛГОРИТМА НА РЕАЛИЗАЦИЮ ЧИСЛЕННОГО МЕТОДА**

Численный анализ математических моделей является в настоящее время наиболее эффективным аппаратом исследования прикладных проблем. Прогресс в развитии численных методов способствует постоянному расширению сферы применения математики в других научных дисциплинах и прикладных разработках, тем самым стимулируя дальнейшее развитие вычислительной математики.

Следует отметить также важность выбора методов с оптимальными характеристиками для решения практических задач. При решении конкретной задачи исследователь прежде всего должен выбрать математический метод, который приводил бы к конечным результатам с наименьшими затратами вычислительных ресурсов или же давал возможность получить наибольший объем информации об искомом решении. Выбор того или иного метода в значительной степени определяется его экономичностью при решении прикладной задачи.

Целью данной работы является исследование влияния выбора вычислительного алгоритма на качество решения прикладных задач численными методами.

Выбор языка программирования также влияет на производительность труда программистов и качество создаваемого ими продукта. Выбранный язык программирования должен быть производительным, высокоуровневым и обеспечивать достаточно комфортные возможности реализации параллельного программирования [1; 2].

В ходе работы были проанализированы достоинства и недостатки языков программирования низкого и высокого уровня и сделаны следующие выводы:

1. Для реализации больших вычислительных алгоритмов наилучшим образом подходит язык программирования C# [3], так как при его разработке были учтены все достоинств языков C и C++ [4], а также переопределены некоторые свойства Java [5].

2. Для улучшения эффективности работы программы целесообразно использовать ассемблерные вставки, например для вычисления некоторых математических функций [6].

Проведен анализ технологий последовательного и параллельного программирования, способы анализа эффективности реализации численных методов посредством формульного анализа, проанализирована эффективность параллельных алгоритмов.

Так же были изучены экономичные разностные схемы для многомерных задач математической физики, разработаны алгоритмы их построения.

Была создана программная реализация при помощи средств языка C++ и Java, которая решает двумерную квазилинейную задачу теплопроводности методом переменных направлений с применением последовательного и параллельного алгоритмов.

При помощи реализованных программ была исследована эффективность использования распараллеливания двумерной квазилинейной задачи теплопроводности при помощи средств языка C++ и Java. Исследования показали, что использование распараллеливания для решения задачи теплопроводности методом переменных направлений является эффективным и может быть использовано для сокращения времени вычислений.

Так же был проведен сравнительный анализ результатов распараллеливания, полученных при реализации алгоритма на

языках Java и C++, который показал, что рассмотренные технологии отличаются только взаимодействием с разработчиком, их принципы и быстродействие практически не отличаются.

Литература

1. *Антонов А.С.* Параллельное программирование с использованием технологии MPI: пособие. М.: Изд-во МГУ, 2004. 71 с.
2. *Миллер Р., Боксер Л.* Последовательные и параллельные алгоритмы. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2006. 406 с.
3. *Биллиг В.А.* Основы программирования на C# 3.0: ядро языка. СПб.: Питер, 2009. 284 с.
4. *Буч Г.* Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на C++ / пер. с англ. И. Романовский, Ф. Андреев. М.: Бином, 2012. 560 с.
5. Документация по Java. 2016. URL: <https://docs.oracle.com/javase/> (дата обращения: 23.09.2017).
6. *Шубников, В.Г., Беляев В.С., Беляев С.Ю.* Информатика. Программирование на языке ассемблера: учеб. пособие СПб.: Изд-во Политехнического университета, 2007. 101 с.

УДК 004.89

С.Н. Верзунов^{1,2}, Н.М. Лыченко²

*¹Институт автоматики и информационных технологий НАН КР,
г. Бишкек, Киргизия*

*²Кыргызско-Российский славянский университет им. Б.Н. Ельцина,
г. Бишкек, Киргизия*

МУЛЬТИВЕЙВЛЕТНАЯ ПОЛИМОРФНАЯ СЕТЬ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ХАОТИЧЕСКИХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Для прогнозирования временных рядов (ВР) традиционно использовались различные аналитические модели, основанные на знании физических законов, лежащих в основе изучаемого

процесса. При этом построение адекватных моделей практически невозможно в силу того, что практически невозможно учесть влияние всех значимых для хода процесса факторов. В последнее время для прогнозирования ВР активно развиваются методы прогноза, основанные на объединении преимуществ вейвлет- и нейросетевых технологий, так называемых вейвлет-сетей. Были предложены различные структуры вейвлет-сетей, однако, общая их идея заключается в настройке параметров сжатия и сдвига вейвлет-нейронов для наилучшего обучения данным. Так, Чжао и др. предложили [1] мультивейвлетную нейронную сеть, в которой используется многомерный вейвлет в качестве функции активации вейвлет-нейронов в скрытом слое, что позволяет аппроксимировать многомерные функции. А в работе [2] предложена полиморфная вейвлет-сеть, отличающаяся наличием дополнительного настраиваемого параметра материнского вейвлета и позволяющая более точно аппроксимировать ВР. В настоящем докладе предлагается новая вейвлет-сеть, объединяющая преимущества рассмотренных в работах [1; 2] вейвлет-сетей.

Выход мультивейвлетной полиморфной сети определяется уравнением:

$$\hat{y}(\mathbf{x}) = g_{\lambda}(\mathbf{x}; \mathbf{w}) = w_{\lambda+1}^{[2]} + \sum_{j=1}^{\lambda} w_j^{[2]} \cdot \Psi_j(\mathbf{x}) + \sum_{i=1}^m w_i^{[0]} \cdot x_i,$$

где $\Psi_j(\mathbf{x})$ – многомерный вейвлет, задающийся как произведение m скалярных вейвлетов, \mathbf{x} – вектор входных данных, m – количество входов, λ – количество скрытых вейвлет-нейронов и \mathbf{w} – параметры сети: $w_{\lambda+1}^{[2]}$ – вес смещения, $w_i^{[0]}$ – веса линейных связей, $w_j^{[2]}$ – веса нелинейных связей. Многомерный вейвлет в формуле (1) вычисляется как

$$\Psi_j(\mathbf{x}) = \prod_{i=1}^m \psi(z_{ij}, w_{(\rho)ij}^{[1]}),$$

где ψ – материнский вейвлет, $w_{(\rho)ij}^{[1]}$ – дополнительный настраиваемый параметр, изменяющий форму вейвлета оптимальным образом, и

$$z_{ij} = \frac{x_i - w_{(\xi)ij}^{[1]}}{w_{(\zeta)ij}^{[1]}}.$$

где $i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, \lambda + 1, w_{(\xi)ij}^{[1]}$ – параметры сдвигов и $w_{(\zeta)ij}^{[1]}$ – параметры масштабов вейвлетов. Как материнский может, например, использоваться вейвлет Морле:

$$\psi(z_{ij}, w_{(\rho)ij}^{[1]}) = \cos(w_{(\rho)ij}^{[1]} z_{ij}) e^{-0.5z_{ij}^2}.$$

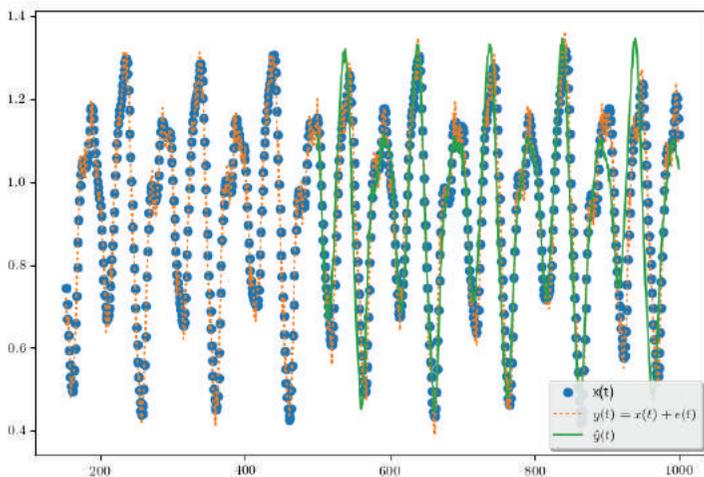
С помощью предложенной сети удается предсказывать хаотические ВР, т. е. такие, в которых текущий отсчет ряда нелинейно зависит от уровней ряда в предыдущие моменты времени. В качестве примера можно привести ВР, полученный в результате решения уравнения Маккея – Гласса:

$$\frac{\partial x}{\partial t} = \frac{0.2x(t-17)}{1+x^{10}(t-17)} - 0.1x(t),$$

и содержащий аддитивный шум, т. е.:

$$y(t) = x(t) + \varepsilon(t), \quad -0.1 < \varepsilon(t) \leq 0.1.$$

На рис. показан прогноз ВР мультвейвлетной полиморфной сетью.



Прогноз ВР мультвейвлетной полиморфной сетью

В той или иной мере свойство хаотичности присуще многим ВР, обусловленным изменениями некоторого числа нелинейно взаимодействующих физических факторов, что позволяет

использовать предложенную сеть для прогнозирования широкого ряда геофизических параметров.

Литература

1. *Zhao J., Chen B., Shen J.* Multidimensional non-orthogonal wavelet-sigmoid basis function neural network for dynamic process fault diagnosis // *Computers and Chemical Engineering*. 1998. № 23. P. 83–92.
2. *Верзунов С.Н.* Аппроксимация зашумлённых сигналов многослойной нейронной и полиморфной вейвлет-сетями // *Проблемы автоматизации и управления*. 2014. № 2 (27). С. 62–71.

УДК 004.414.38

Н.В. Астапенко, К.Т. Кошекков

*Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева,
г. Петропавловск, Казахстан*

КОМПЬЮТЕРНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЗЕРНОХРАНИЛИЩЕМ

Зернохранилища широко используются в агропромышленном комплексе для хранения продукции. Интегрированными показателями качества сельскохозяйственной продукции является ее температура, влажность и уровень углекислого газа. Нарушение условий загрузки и хранения аграрной продукции приводит к ее порче, самосогреванию и самовозгоранию. Существующие системы дистанционного контроля упомянутых показателей имеют следующие недостатки:

- контроль значений показателей и их регистрация осуществляется вручную;
- не контролируются тенденции изменения показателей;
- не выведены интегральные оценки качества хранения продукции;
- на качество контроля полностью влияет человеческий фактор.

В условиях повышения конкуренции со стороны зарубежных производителей зерна работы по внедрению интеллектуальных технологий в процессы автоматизации и повышению эффективности хранения жизненно необходимы для обеспечения продовольственной безопасности и стабильного экономического развития страны.

В лаборатории Северо-Казахстанского государственного университета имени М. Козыбаева ведутся научные исследования в области автоматизации технологических процессов зернохранилищ, и уже получены некоторые положительные результаты: разработано автоматизированное зернохранилище инновационного типа. Итоги исследований нашли отражение в научных публикациях.

В результате проводимых исследований и в соответствии с современными тенденциями развития технологий была выявлена необходимость в использовании нового интеллектуального подхода к автоматизации зернохранилищ. Предлагается разработать интегрированную интеллектуальную систему мониторинга, анализа и управления технологическими процессами зернохранилища, включающую современные технологии Интернет вещей, обеспечивающую хорошую производительность, масштабируемость и безопасность работы.

Коммуникационные и вычислительные возможности Интернета вещей появились недавно. Эта технология открыла путь к целостной и адаптивной автоматизации, которая позволит значительно повысить эффективность производства:

- своевременно выявить предпосылки для аварийных ситуаций и снижение эффективности работы оборудования;
- проводить диагностику устройств, на которых они установлены, и автоматически реагировать на изменения их состояния;
- контролировать цепочку технологических операций, осуществлять контроль перемещения любых устройств и автоматически отслеживать их характеристики в реальном времени;
- автоматизировать часто повторяющиеся операции, повышая эффективность работы.

В предлагаемой системе автоматический сбор и передачу значений с интеллектуальных датчиков по беспроводной сети,

анализ и формирование соответствующих управляющих воздействий. Дистанционное управление системой обеспечит GSM, что значительно улучшит гибкость и масштабируемость управления.

Проведенные ранее исследования позволили создать экспериментальный образец интеллектуальной системы удаленного мониторинга, анализа и управления в зернохранилище инновационного типа, программно-аппаратный комплекс, включающий программное обеспечение на основе интеллектуальных алгоритмов сбора, первичной обработки и распознавания диагностических и управляющих сигналов с применением беспроводной передачи информации.

Литература

1. Государственная программа «Информационный Казахстан – 2020».
2. *Перепечаенко В., Майнов В., Михалев Н.* Автоматизированная система контроля температур в силосах элеваторов на базе модулей ADAM-4000 // *Современные технологии автоматизации.* 1998. № 1. С. 66–69.
3. *Liu Y.X.* Design Granary Environment Measure and Control System Based on ZigBee Wireless Sensor Network // *Computer & DigitalEngineering.* 2010. № 36. P. 74–77.
4. *Pratigya Dantre, Prof. Aparna Karwal.* Design and Implementation of an Intelligent System to Prevent Grain Loss Due to Storage // *International Journal of Recent Research in Interdisciplinary Sciences (IJRRIS).* 2016. Vol. 3, Iss. 2. P. 17–22.
5. *Li L.* Distributed Sensors Network of Granary Based on Zigbee // *Network and Information Technology.* 2012. № 31. P. 63–65.

А.Н. Исмуканова¹, Д.Н. Лавров²

*¹Кокшетауский государственный университет им. Ш.Ш. Уалиханова,
г. Кокшетау, Казахстан*

*²Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

БИБЛИОТЕКА «NLTK» ДЛЯ СБОРА СТАТИСТИКИ ВСТРЕЧАЕМОСТИ СЛОВ В ЗАДАЧЕ КЛАССИФИКАЦИИ НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ

Классификация научных текстов на русском и казахском языках посредством присвоения им универсального десятичного кода (УДК) является актуальной задачей. Задача классификации научных текстов прекрасно решается для английского языка в силу простоты морфологии и синтаксиса этого языка. На данном пути имеется ряд нерешенных задач для русского языка и практически не исследовано использование аналогичных приемов для казахского языка. Для русского языка проводились несколько исследований [2–5] применимости разных подходов.

Одним из общих подходов кластеризации текстов является метод латентного семантического анализа (ЛСА) [1].

Для программной реализации инструмента анализа языков был выбран язык Python. Демонстрация системы представлена реализацией «машинного обучения» на основе латентно-семантического анализа.

При разработке приложения на Python активно использовалась библиотека работы с естественными языками Natural Language Toolkit (NLTK).

Основной способ применения NLTK – это включение в набор параметров распространенных словосочетаний из двух-трех слов. В NLTK имеется поддержка этих возможностей в виде функций `nlk.bigrams(...)` и `nlk.trigrams(...)`. NLTK имеет возможности:

- 1) токенизации текста,
- 2) выбора из всего набора данных N самых часто встречающихся слов,
- 3) идентификации самых часто встречающихся двух и трехсловных словосочетаний.

Токенизация – это разделение текстового материала на не большие части, токены. К токенам относятся слова, предлоги и знаки пунктуации. Достаточно часто стоит задача представить текст в виде массива значимых слов. Тогда после токенизации необходимо произвести чистку на предмет знаков пунктуации и не значимых слов (например, предлогов). Это делается с помощью передачи библиотеке списка стоп-слов, которые автоматически исключаются из рассмотрения, что существенно повышает производительность метода ЛСА. Далее набранная статистика слов и словосочетаний передаётся в ЛСА. Таким образом, вся предварительная обработка и подготовка данных для ЛСА осуществляется с помощью NLTK.

Анализ текстов может осуществляться как без словаря (с учетом любых слов встреченных в тексте), так и со словарем (с учетом только слов, присутствующем в сконфигурированном словаре). Кроме применения словарей, при анализе текстов не используются грамматические особенности того или иного человеческого языка. Исключение грамматического анализа позволяет обеспечить высокую скорость классификации при большом объеме входных данных. Однако отсутствие грамматического анализа не позволяет использовать определенные факторы, связанные с синтаксисом и морфологией текстов на казахском или других языках. В текущей версии системы в качестве особенностей выступают слова. В экспериментальной версии системы, находящейся в разработке, такими особенностями могут быть также последовательности слов, их словосочетания, также наборы альтернативных слов (синонимов). На начальном этапе работы для обучения системы автоматической классификации, требуется подготовка тренировочного набора данных. Тренировочный набор данных должен включать множество текстов со связанными с ними категориями по результатам предварительной ручной классификации. В

ходе работы, тренировочный набор может периодически обновляться, с учетом уточнений и корректировок, сделанных в ручную по результатам автоматической классификации.

Литература

1. *Landauer T.K., Foltz P., Laham D.* An Introduction to Latent Semantic Analysis. *Discours Processes*. 1998. Vol. 25. P. 259–284.
2. *Енрев А.С.* Тематическая классификация документов по степени близости термов // *Математические структуры и моделирование*. 2009. № 20. С. 93–96.
3. *Осипова Ю.А., Лавров Д.Н.* Применение кластерного анализа методом k-средних для классификации текстов научной направленности // *Математические структуры и моделирование*. 2017. № 3(43). С. 108–121.
4. *Костылев А.В., Лавров Д.Н., Гуц А.К.* Идентификация суицидальных групп и нарушителей авторских прав в социальных сетях // *Математические структуры и моделирование*. 2017. № 3 (43). С. 150–168.
5. Автоматический анализ текстов (АОТ). URL: <http://aot.ru> (дата обращения: 20.10.2017).

УДК 004.932.2

А.А. Крыловецкий, Д.М. Суходолов

*Воронежский государственный университет,
г. Воронеж, Россия*

МЕТОДЫ СВЕРХРАЗРЕШЕНИЯ В ЗАДАЧАХ АНАЛИЗА МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Быстрое развитие технологий компьютерного зрения позволяет шире использовать данные медицинской визуализации для постановки более точных диагнозов, подбора лечения и успешного прогнозирования заболеваний. Наиболее используемые методы получения медицинских изображений в настоящее время – рентген, компьютерная томография, УЗИ, МРТ и пози-

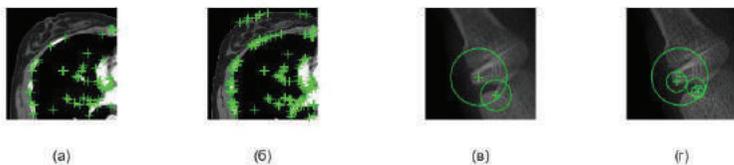
тронно-эмиссионная томография [1]. Однако разрешение получаемых изображений не всегда оказывается достаточным, в том числе для применения технологий машинного обучения в системах поддержки принятия решений.

Сверхразрешением называются методы, которые создают изображения с высоким разрешением из одного или нескольких имеющихся изображений низкого разрешения, тем самым увеличивая высокочастотные компоненты и удаляя искажения, вызванные процессом формирования изображения камерой с низким разрешением [2; 3].

В задачах анализа изображений для поиска ключевых точек используются математические алгоритмы и объекты, называемые детекторами и дескрипторами. Детекторы являются способами извлечения особых точек из изображений, а дескрипторы позволяют выделить отдельные точки из общего числа точек, полученных детектором. Особые точки представляют собой точки изображения, в которых происходит какое-либо сильное изменение [4]. Классическим примером такого изменения является какой-либо угол или грань.

Для медицинских изображений детекторы и дескрипторы различных видов могут находить отличающиеся друг от друга число особых точек. В том числе на возможность получения дополнительной информации может повлиять предварительная обработка изображения методами сверхразрешения и интерполяции. Таким образом, представляется интересным выявить комбинации детекторов с дескрипторами и методами повышения разрешения изображений, позволяющие получить наилучшие результаты.

В ходе исследований было получено, что наибольшее число особых точек детектируется на изображениях после их предварительной обработки с помощью алгоритмов сверхразрешения в случае использования детекторов MSER и SURF. Для детекторов BRISK, FAST, детектора на основе алгоритма минимального собственного значения и детектора Харриса преимущества в сравнении с классическими алгоритмами менее выражены (рис.).



Визуализация множества векторов признаков для увеличенных в два раза версий изображений. В скобках указаны детектор, дескриптор и метод увеличения соответственно:

- а – проникающая карцинома (Harris, HOG, бикубическая интерполяция);
- б – проникающая карцинома (Harris, HOG, метод Гласнера – Бэгона – Ирани);
- в – перелом (SURF, SURF, билинейная интерполяция);
- г – перелом (SURF, SURF, улучшение фрактального градиента)

Из проведенных вычислительных экспериментов можно сделать также ключевой вывод о том, что дескрипторы HOG, SURF и Block в комбинации с любыми рассмотренными детекторами оказываются более эффективными по сравнению с FREAK и BRISK. Максимальную дифференциацию найденных точек показали пары детекторов и дескрипторов SURF и FREAK (79.24 %), SURF и BRISK (79.19 %). Таким образом, имеет смысл применять алгоритмы сверхразрешения при работе с медицинскими изображениями в случае использовании детектора SURF в парах с дескрипторами FREAK и BRISK.

Литература

1. Кудрявцев П.С., Кузьмин А.А., Шаталова О.В., Филист С.А. Метод повышения качества анализа рентгеновских снимков на основе комбинированных классификаторов // Материалы XXIV Всероссийского семинара «Нейроинформатика, её приложения и анализ данных». 2016. С. 40–44.
2. Milanfar P. Super-resolution imaging. Boca Raton: CRC Press, 2011. 492 p.
3. Сирота А.А., Иванков А.Ю. Блочный алгоритм обработки изображений на основе фильтра Калмана в задаче построения сверхразрешения // Компьютерная оптика. 2014. Т. 38, № 1. С. 118–127.
4. Половинкин П.Н. Детекторы и дескрипторы ключевых точек. Алгоритмы классификации изображений. Задача детектирования объектов на изображениях и методы её решения. 2013. URL: <https://www.hpsc.unn.ru/file.php?id=760> (дата обращения: 23.04.2017).

И.А. Панкратов

*Саратовский национальный исследовательский государственный
университет им. Н.Г. Чернышевского,
г. Саратов, Россия*

ЭВОЛЮЦИОННЫЙ ПОДХОД К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОЙ ПЕРЕОРИЕНТАЦИИ ОРБИТЫ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА

В работе исследуется задача оптимальной переориентации круговой орбиты космического аппарата (КА) с помощью ограниченного по модулю реактивного ускорения, ортогонального плоскости орбиты КА. Известно, что при этом во время управляемого движения орбита КА поворачивается в пространстве как недеформируемая фигура. Движение центра масс КА в ньютоновском гравитационном поле описывается кватернионным дифференциальным уравнением ориентации орбитальной системы координат [1; 2]. Необходимо минимизировать затраты времени или характеристической скорости на управляемый процесс. Известно, что в рассматриваемом случае оптимальное управление, найденное из условия максимума функции Гамильтона – Понтрягина [3], является кусочно-постоянным.

В этой задаче отсутствуют формулы для нахождения неизвестных начальных значений сопряжённых переменных. Также имеет место плохая сходимости начальных приближений для значений сопряжённых переменных к тем значениям, которые доставляют нули функциям невязок. В задаче присутствуют многочисленные локальные минимумы невязок, где итерационные методы [4] не дают хороших результатов (см. работы [5; 6]). В работе предложен оригинальный эволюционный алгоритм [7] нахождения оптимальных траекторий движения КА. Рассмотрен случай, когда число точек переключения управления задано. При

этом необходимо определить оптимальные длительности участков движения КА. (Время окончания управляемого процесса не задаётся и подлежит определению в ходе решения задачи). Для ускорения работы предложенного алгоритма использовано известное аналитическое решение фазового кватернионного уравнения в случае, когда орбита КА круговая, а управление постоянно [8; 9]. Отметим некоторые особенности предлагаемого алгоритма: искомые вещественные величины хранятся в виде целых чисел (генов); в качестве оператора скрещивания был применён метод промежуточной рекомбинации; мутация особей в популяции производится при условии, что на очередном шаге увеличивается среднее значение функции приспособленности. Отметим также, что применённый в работе алгоритм необходимо применять неоднократно для разных начальных популяций. При этом будет получено несколько решений, из которых необходимо выбрать то, которое соответствует переориентации орбиты с меньшим значением функционала качества.

Приведены примеры численного решения задачи для случая, когда отличие между начальной и конечной ориентациями орбиты КА по долготе восходящего узла, наклону, угловому расстоянию перицентра от узла составляет единицы градусов в угловой мере. При этом конечная ориентация орбиты КА соответствует ориентации орбиты одного из спутников отечественной орбитальной группировки ГЛОНАСС. Построены графики изменения компонент кватерниона ориентации орбитальной системы координат, отклонения текущего положения орбиты КА от требуемого, оптимального управления. Установлены особенности и закономерности процесса оптимальной переориентации орбиты КА. (Работа является развитием статьи [10].)

В дальнейшем предполагается модифицировать описанный в работе алгоритм так, чтобы оптимальное количество участков активного движения КА определялось в ходе решения задачи.

Литература

1. Челноков Ю.Н. Применение кватернионов в задачах оптимального управления движением центра масс космического аппарата в ньютоновском гравитационном поле. I // Космические исследования. 2001. Т. 39. Вып. 5. С. 502–517.

2. *Челноков Ю.Н., Панкратов И.А.* Переориентация круговой орбиты космического аппарата с тремя точками переключения управления // Мехатроника, автоматизация, управление. 2011. № 1. С. 70–73.
3. *Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф.* Математическая теория оптимальных процессов. М.: Наука, 1983. 393 с.
4. *Моисеев Н.Н.* Численные методы в теории оптимальных систем. М.: Наука, 1971. 424 с.
5. *Панкратов И.А., Сапунков Я.Г., Челноков Ю.Н.* Численное исследование задачи переориентации орбиты космического аппарата с использованием орбитальной системы координат // Математика. Механика. 2012. № 14. С. 132–136.
6. *Панкратов И.А., Сапунков Я.Г., Челноков Ю.Н.* Решение задачи оптимальной переориентации орбиты космического аппарата с использованием кватернионных уравнений ориентации орбитальной системы координат // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. 2013. Т. 13. Вып. 1, ч. 1. С. 84–92.
7. *Панченко Т.В.* Генетические алгоритмы. Астрахань: Изд. дом «Астраханский университет», 2007. 87 с.
8. *Панкратов И.А., Челноков Ю.Н.* Аналитическое решение дифференциальных уравнений ориентации круговой орбиты космического аппарата // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. 2011. Т. 11. Вып. 1. С. 84–89.
9. *Панкратов И.А.* Аналитическое решение уравнений ориентации околокруговой орбиты космического аппарата // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. 2015. Т. 15. Вып. 1. С. 97–105.
10. *Панкратов И.А.* Расчёт наискорейших перелётов космического аппарата между круговыми орбитами // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. 2017. Т. 17. Вып. 3. С. 344–352.

Л.С. Носов, Е.Ю. Пипуныров

*Сыктывкарский государственный университет им. Питирима Соркина,
г. Сыктывкар, Россия*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЛИС ДЛЯ СОЗДАНИЯ ПОТОКОВОГО ШИФРАТОРА

В данной работе на основе практического примера рассматривается возможность создания универсального аппаратного средства (АС) защиты информации (ЗИ), которое можно в короткие сроки сконфигурировать для защиты данных, передаваемых по любому каналу. К данному устройству предъявляются следующие требования:

- способность к интеграции с любыми цифровыми интерфейсами;
- возможность изменения структуры устройства на аппаратном уровне, адаптирования устройства к различным факторам;
- возможность более быстрого изменения алгоритма работы устройства посредством его программирования.

Итоговое устройство представляет из себя софт-процессор со специфичным набором команд. В первую очередь необходимо определить архитектуру ядра устройства. В качестве основы для разрабатываемой архитектуры используется архитектура MIPS. От архитектуры MIPS были унаследованы следующие основные особенности [1]:

- Форматы инструкций;
- Режимы адресации;

Помимо того, были унаследованы основные команды и дополнены командами, оптимизированными для реализации алгоритма ГОСТ Р 34.12 с размером блока 64 бита [2; 3].



ПЛИС Xilinx Spartan-3AN FPGA Starter Kit Board

Тестирование работы устройства производилось с использованием тестовой ПЛИС Xilinx Spartan-3AN FPGA Starter Kit Board [4; 5] (рис.). Производилось шифрование данных, передаваемых по тестовому каналу передачи данных с интерфейсом RS-232. Для реализации потокового шифратора, основной алгоритм использовался в режиме гаммирования с обратной связью по выходу.

Литература

1. *Harris D.M., Harris S.L.* Digital Design and Computer Architecture. 1st ed. Boston: Morgan Kaufman, 2007. 570 p.

2. ГОСТ Р 34.13-2015. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Режимы работы блочных шифров. М.: Стандартинформ, 2015. 42 с.
3. ГОСТ Р 34.12-2015. Информационная технология. Криптографическая защита информации. Блочные шифры. М.: Стандартинформ, 2015. 25 с.
4. *Chu P.P.* FPGA prototyping by Verilog examples Xilinx Spartan-3 Version. Noboken, NJ: John Wiley & Sons, 2008. 488 p.
5. Spartan-3A/3AN FPGA Starter Kit Board User Guidei. v. 1.1. XILINX, 2008. 140 p.

УДК 004.056+004.051

К.И. Будников, А.В. Курочкин

*Институт автоматики и электрометрии Сибирского отделения РАН,
г. Новосибирск, Россия*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ УСТРОЙСТВ НТТР-ФИЛЬТРАЦИИ

Стремительный рост объема интернет-контента [1] стал причиной появления большого количества информационных ресурсов, доступ к которым нуждается в ограничении по ряду причин, включая возрастные и морально-этические критерии, требования соблюдения безопасности, авторских прав, трудового режима и т. п.

Методы обеспечения селективного запрета на доступ к интернет-информации, включающие: ограничение доступа по IP-адресу, по адресу URL, изменение запросов к DNS-серверам, использование прокси-серверов, пакетную фильтрацию [2], сочетают как достоинства, так и недостатки. Наиболее сбалансированным в этом отношении можно признать способ фильтрации запросов к ресурсу по его адресу URL. Данный метод позволяет производить фильтрацию конкретного Интернет-ресурса, не блокируя остальные, расположенные на том же сервере.

Если адрес URL, к которому происходит обращение, разрешен, то запрос пропускается в Интернет, доходит до сервера с необходимым ресурсом, и сервер возвращает ответ с запрашиваемой информацией. Если доступ к интересующему пользователя ресурсу запрещен, то запрос блокируется фильтром.

Для отдельного устройства доступа в Интернет (компьютер, смартфон, планшет) процесс фильтрации осуществляет специально установленная программа [3; 4], а для группы устройств – фильтрующее устройство, имеющее выход в Интернет, к которому подсоединены компьютеры пользователей [5; 6].

Фильтр, установленный на пути запроса пользователя к Web-ресурсу и ответа от Web-сервера, создает задержку при передаче пакетов. Исследование его свойств с целью определения и желательно уменьшения издержек от процесса фильтрации – одна из основных задач моделирования при разработке подобного устройства. Существует ряд методов экспериментальных исследований брандмауэров, которые осуществляют пакетную фильтрацию, например, RFC3511 [7]. В основном они предназначены для исследования выполнения функций тестируемым устройством при прохождении через него пакетов в разных режимах передачи, моделируя ту или иную ситуацию, складывающуюся при работе устройства. По отношению к HTTP-фильтру набор тестов для брандмауэра с одной стороны избыточен, а в части, касающейся прохождения пакетов HTTP – недостаточен. С этим связана необходимость в разработке методики экспериментального исследования непосредственно для устройств, фильтрующих потоки информации по протоколу HTTP.

Для проведения испытаний HTTP-фильтров создана методика, которая включает: схему стенда, процедуру тестирования и оценки полученных результатов, необходимое программное обеспечение.

Созданный инструментарий позволяет моделировать процесс обращения пользователей к Web-серверу, создавая потоки запросов с различной интенсивностью и размерами передаваемых в ответ данных. Для анализа исследуемого устройства могут быть использованы такие характеристики, как общая интенсивность прошедшего через фильтр тестового сетевого трафика, ин-

тенсивность HTTP-трафика, интенсивность нецелевого трафика, интенсивность HTTP-запросов, среднее время ожидания ответа Web-сервера, среднее время выполнения запроса и др.

Литература

1. *Turner V., Gantz J.F., Reinsel D., Minton S.* The Digital Universe of Opportunities: Rich Data and the Increasing Value of the Internet of Things. The EMC Digital Universe study, EMC corp., 2014. URL: <https://www.emc.com/collateral/analyst-reports/idc-digital-universe-2014.pdf> (дата обращения: 19.10.2017).
2. *Апетьян С., Ковалев А., Файб А.* Фильтрация контента в Интернете. Анализ мировой практики // Фонд развития гражданского общества. 2013. 22 мая. URL: http://civilfund.ru/Filtraciya_Kontenta_V_Internete_Analiz_Mirovoyu_Praktiki.pdf (дата обращения: 19.10.2017).
3. *Осипов Г.С., Тихомиров И.А., Соченков И.В.* Способ и система фильтрации веб-контента: Патент на изобретение № 2446460. Официальный бюллетень Роспатента «Изобретения. Полезные модели». 2012. № 9.
4. *Бейлинсон К.А., Эванс К.А., Фрэверт Г.Дж.В., Тэйлор В.Р.* Фильтрация контента при веб-просмотре: патент RU 2 336 561 С2. МПК G06F17/30, G06F13/00, H04L12/22, опубликован 20.10.2008 г.
5. *Bloch E., Mohan S., Pagaku R.R. et al.* Apparatus for monitoring network traffic // patent US 7849502 B1, Int Cl G06F 15/16 (2006.01), G06F 11/00 (2006.01), Pub. Date: Dec. 7, 2010.
6. *Balasubrahmanian J., Daftary K., Yarlagadda V.R., Kumar K.* System and method for url filtering in a firewall: patent US 20060064469A1, Int. Cl.G06F 15/16 (2006.01), Pub. Date: Mar. 23, 2006.
7. *Hickman B., Newman D., Tadjudin S., Martin T.* Benchmarking Methodology for Firewall Performance / Network Working Group. April 2003. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc3511> (дата обращения: 19.10.2017).

Т.В. Лях, В.Е. Зюбин

*Институт автоматизики и электрометрии СО РАН,
г. Новосибирск, Россия*

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ВЕРИФИКАЦИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ НА ПРОГРАММНЫХ ИМИТАТОРАХ

Алгоритмы управления сложными технологическими объектами обладают рядом свойств, специфичных для области промышленной автоматизации:

- Открытость – наличие «окружающей среды», внешнего мира, с которым постоянно взаимодействует алгоритм управления
- Событийность – алгоритм формирует реакцию на события окружающей среды и управляющие команды от оператора
- Цикличность – считывание входных сигналов и формирование выходных управляющих сигналов предполагают циклическое взаимодействие алгоритма с окружающей средой
- Синхронизм (работа с временными интервалами) – алгоритм управления должен учитывать задержки на объекте управления, т. е. синхронизироваться с происходящими физическими процессами
- Логический параллелизм – алгоритм управления отражает множество происходящих на объекте управления параллельных процессов.

Реализация алгоритмов управления средствами объектно-ориентированных языков общего назначения чревато чрезмерным усложнением программной архитектуры при росте сложности алгоритма [1]. Поэтому в области промышленной автоматизации используются специализированные языковые средства для разработки алгоритмов управления: языки МЭК 61131-3, G (NI LabVIEW), Reflex.

Использование языков МЭК 61131-3 трудоемко из-за низкой выразительности этих языков, а в некоторых случаях и неприемлемо, например, при необходимости интеграции кода в сторонние системы [2].

Исследователи альтернативных лингвистических средств для описания алгоритмов управления предлагают и практически обосновывают эффективность предметно-ориентированных языков на основе модели конечного автомата, в частности, процесс-ориентированного языка Reflex.

При использовании конечно-автоматных языков в промышленной автоматизации основную проблему представляет решение задачи тестирования и верификации созданных алгоритмов. Методы, разработанные для тестирования и верификации программного обеспечения ПК, слабо применимы. Управляющий алгоритм невозможно тестировать автономно. Тестирование алгоритма на реальном объекте управления может привести к поломке оборудования или аварийной ситуации. Поэтому наиболее распространенный подход – ручная проверка на этапе пусконаладки: проверяющий контролирует реакцию алгоритма на различные ситуации, постепенно усложняя тесты. Подход очень трудоемкий. Он приводит к серьезным психологическим нагрузкам на разработчиков, не гарантирует полноту верификации, затрудняет контроль качества верификации и, в конечном итоге, усложняет разработку управляющих алгоритмов.

Поэтому разработка совершенствование методов автоматической верификации алгоритмов управления интересны не только с теоретической, но и с практической стороны.

В статье предлагается подход к автоматической верификации алгоритмов управления сложными технологическими объектами на основе концепции виртуальных объектов управления (ВОУ), включающий в себя создание кода алгоритма управления, программную реализацию объекта управления в виде ВОУ, спецификацию сценариев, как то, событий в окружающей среде, в том числе, команд оператора, и спецификацию требований к алгоритму управления.

Литература

1. Лях Т.В., Зюбин В.Е., Сизов. М.М. Опыт применения языка Reflex при автоматизации Большого солнечного вакуумного телескопа // Промышленные АСУ и контроллеры. 2016. № 7. С. 37–43.
2. Зюбин В.Е. К пятилетию стандарта IEC 1131-3. Итоги и прогнозы // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. 1999. № 1.

УДК 004.8

В.А. Шовин

*Омский филиал Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН,
г. Омск, Россия*

АЛГОРИТМЫ ВИРТУАЛЬНОГО СОБЕСЕДНИКА – НА БАЗЕ AIML РАЗМЕТКИ, РЕКУРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ И ЭВРИСТИЧЕСКОЙ СЕТИ

На сегодняшний день остается актуальным создание программ имитирующих общение человека. Простейшей моделью общения является база вопросов и ответов к ним [1]. В данном случае возникает проблема описания базы знаний и реализация программы интерпретатора. Язык разметки базы знаний может включать в себя паттерны вопросов и соответствующие им шаблоны ответов, также предысторию диалогов к ним и название соответствующей темы общения.

Чат бот может выполнять дополнительные функции, например, такие как поиск музыки, картинок, фактов, калькулятор, прогноз погоды, вывод курса валют. Большинство таких функций имеют реализацию в интернете и доступны в качестве внешнего API.

Альтернативным вариантом создания программы виртуального собеседника является использование алгоритмов машинного обучения на базе диалогов общения, именно искусственные нейронные сети. Подходящей моделью ИНС является рекуррентная

нейронная сеть, способная хранить, обобщать и прогнозировать различные последовательности. В данной работе в качестве элементов последовательности предлагается использовать индексы соответствующие словам в базе знаний вопросов и ответов.

При обучении рекуррентной нейронной сети на больших объемах данных встречается проблема перезаписи и отсутствия качественного обучения сети [2]. Поэтому для программы чат бот актуально создание эвристической сети по свойствам аналогичной рекуррентной сети, в частности свойства взаимозаменяемости слов и статистической связи вопросов и ответов из базы знаний. Свойство рекуррентной нейронной сети к генерации новых текстов реализовано как отдельная процедура эвристической сети.

Часто в понимании входящих вопросов пользователей сеть ограничена в небольшой базе знаний, поэтому актуально внедрение толкового словаря русского языка для отображения исходных слов в слова значения возможно содержащихся в вопросах базы знаний.

Алгоритм с использованием AIML разметки базы знаний, рекуррентная нейронная и эвристическая сеть внедрены в режимы программы ChatBot [3].

В приложении доступно несколько режимов чат бота:

- 1) на базе внешнего API www.pandorabots.com;
- 2) на базе оригинального обобщения языка AIML;
- 3) на базе рекуррентной нейронной сети;
- 4) на базе эвристической сети.

Расширение разметки AIML включает в себя новые теги `theme` и `history` для более эффективного поиска релевантных вопросов и ответов. Рекуррентная нейронная сеть позволяет получать ответы на вопросы, которых не было в базе знаний, с помощью способности сети к обобщению. Эвристическая сеть имитирует свойства рекуррентной нейронной сети.

Для приведения слов в базовую форму и улучшения качества всех алгоритмов имитации речевого общения возможно использовать морфологический анализатор.

Программа чат бота была реализована в качестве Android приложения. В качестве морфологического анализатора была ис-

пользована свободная JavaScript-библиотека для обработки текстов на русском языке Az.js.

Для создания и обучения рекуррентной нейронной сети использовалась свободная JavaScript библиотека RecurrentJS.

Во всех режимах доступен автоперевод ответов на язык вопросов пользователя на базе сервисов Yandex Translate API и Bing Translate API. Также в качестве внешних сервисов используется сервис поиска картинок Custom Search API и Bing Image Search API. Поиск знаний реализован на базе Google Knowledge Graph Search API. Поиск музыки реализован на базе SoundCloud API. Калькулятор, прогноз погоды, курс валют, время реализованы на базе Wolfram|Alpha API.

Приложение ChatBot доступно по адресу: <https://play.google.com/store/apps/details?id=svlab.chatbot2>.

Литература

1. *Проватар А.И., Ключко К.А.* Особенности и проблемы виртуального общения с помощью чат-ботов // Научные труды Винницкого национального технического университета. 2013. № 3. С. 2.
2. *Vinyals O., Le Q.* A Neural Conversational Model. arXiv:1506.05869.
3. *Шовин В.А.* Программа ChatBot – чат-бот или виртуальный собеседник // Математические структуры и моделирование. 2016. № 4 (40). С. 96–101.

Е.Б. Юдин

*Омский филиал Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН
г. Омск, Россия*

МОДУЛЬ АНАЛИЗА МЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЕТЕЙ В СИСТЕМЕ АГЕНТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ SIMBIGRAPH*

Система агентного моделирования Simbigraph [1] поддерживает разнообразные графовые модели сетей, см. рис. 1. Помимо используемых в других системах агентного моделирования (ANYLOGIC, SWARM, ASCAPE, REPAST S) моделей в Simbigraph внедрен ряд оригинальных графовых моделей больших сетей, а также ускоренные методы их анализа.

В данной работе представлен, разработанный для системы Simbigraph модуль расчета метрических характеристик графов, т. е. таких характеристик, которые определяются через расстояния между вершинами. К ним относятся эксцентриситет вершин графа, радиус и диаметр графа, центр графа и периферийные вершины. В процессе расчета находятся кратчайшие расстояния между всеми парами вершин графа, на основе найденных расстояний определяются радиус, диаметр, а также вершины, подходящие под определение центра и периферии. Подробнее об алгоритме, первоначально реализованном на языке C++ представлено в работе [2]. В разработанном модуле расчет выполняется с использованием параллельных вычислений Java: JSR 335: Streams, что ускоряет расчет.

На рис. 2 для каждого протестированного графа приведено усредненное время расчета метрических характеристик. В качестве тестовых графов взяты графовые модели файлообменной сети Gnutella (62586 вершин, 147892 дуг), сети товаров компле-

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках научного проекта № 16-31-60023 мол_а_дк.

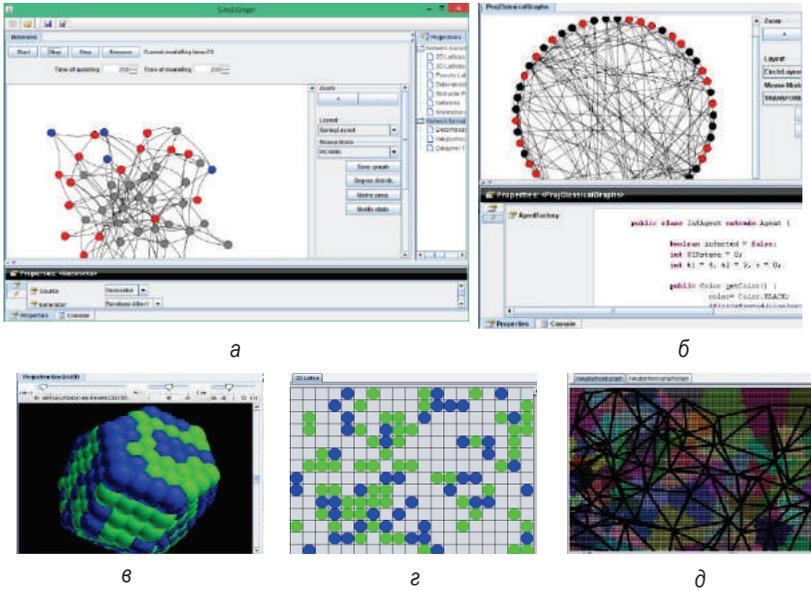


Рис. 1. Система моделирования Simbigraph:
 а – главное окно; б – редактор программирования агентов;
 в, г – 3D и 2D решётки; д – планарный граф

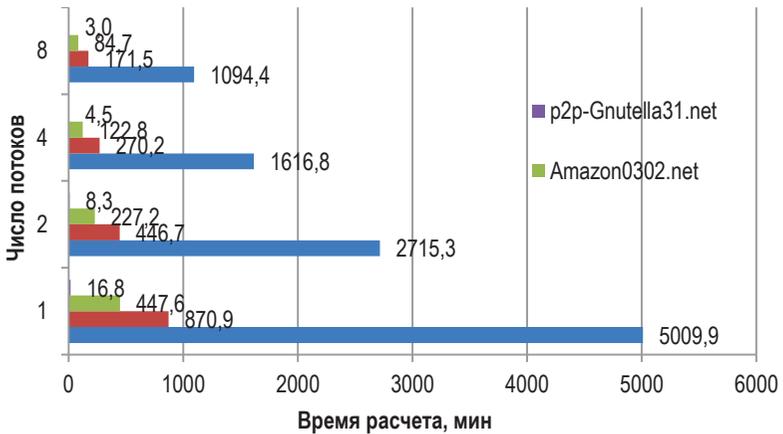


Рис. 2. Усредненное время расчета метрических характеристик графов

ментов электронного магазина Amazon (262111 вершин, 1234877 дуг), сети соавторства ученых в области информатики DBLP (317080 вершин, 1049866 ребер), графа дорожной сети штата Пенсильвания США roadNet-PA (1090920 вершин, 1541898 рёбер). Модуль тестировался на моноблоке HP Z1, имеющем 4-ядерный процессор с поддержкой Hyper-Threading.

При использовании распараллеливания коэффициент ускорения для исследованных графов варьируется от 4,5 до 5,5. При увеличении размера графа увеличивается выигрыш при распараллеливании, так для расчета сети roadNet-PA выигрыш времени составит почти 65 часов. Причем скорость работы при использовании одного потока сравнима по скорости вычислений с функциями пакета igraph в математической среде R.

Литература

1. *Задорожный В.Н., Юдин Е.Б.* Система агентного моделирования «Simbigraph» // Навигатор в мире науки и образования. 2012. № 4–7 (20–23). С. 536.
2. *Курчанов А.А., Юдин Е.Б.* Программа расчета метрических характеристик больших графов // Омский научный вестник. 2014. № 3 (133). С. 217–221.

УДК 519.175.3

М.Н. Юдина

*Омский государственный технический университет,
г. Омск, Россия*

ПОДСЧЕТ ЧАСТОТ ВСТРЕЧАЕМОСТИ ТИПОВЫХ ПОДГРАФОВ В НАПРАВЛЕННЫХ СЕТЯХ

Большие сети, включая биологические, социальные, технологические сети (например, компьютерные сети и электрические схемы) могут быть представлены в виде графов. Эти графы ха-

рактируются различными частотами встречаемости неизоморфных подграфов на заданном числе вершин. Например, цикл длины три часто встречается в биологических сетях (нейронных, регуляторных, клеточных), в то время как цикл из четырех вершин часто встречается в электрических сетях и редко в биологических структурах [1].

Задача подсчета частот встречаемости типовых подграфов является задачей высокой вычислительной сложности. Для небольших сетей она успешно решается для подсчета частот встречаемости типовых подграфов на трех, четырех и пяти вершинах за счет умелого применения комбинаторных методов и интенсивного использования оперативной памяти. Среди алгоритмов, эффективно решающих эту задачу, следует выделить G-Triars [2], Grochow-Kellis [3], Kavosh [4] и AccMotif [5]. Для больших сетей этот подход становится неэффективным, в этом случае используется статистическое моделирование. Среди методов статистического моделирования для оценки частот встречаемости типовых подграфов следует выделить метод случайного выбора ребра – RSA [1], метод построения случайных деревьев подграфов в окрестности вершины – RandESU [6], а также корректную реализацию метода Монте-Карло – метода случайной выборки каркасов – MBK [7]. Метод RSA дает смещенную оценку частот встречаемости типовых подграфов, метод RandESU позволяет рассчитывать только относительные частоты встречаемости и характеризуется большой дисперсией получаемых оценок. Наиболее перспективным представляется метод случайной выборки каркасов. Однако этот метод был проработан только для неориентированных графов.

В работе [8] мы предложили алгоритм на основе MBK, позволяющий подсчитывать частоты встречаемости типовых подграфов на трех вершинах в ориентированных графах. В работе [8] также поставлена задача разработки алгоритма для расчета частот встречаемости подграфов на четырех вершинах. Проблема заключалась в эффективной реализации процедуры нахождения изоморфных подграфов. На данный момент эта задача решена путем использования предварительно рассчитанной и сохраненной таблицы отображения подграфов на возможные неизоморфные подграфы.

Реализованный алгоритм по MBK для подсчета типовых подграфов на четырех вершинах позволяет уменьшить время расчета. Это можно видеть по таблице, в которой время работы предлагаемого алгоритма сравнивается с наиболее быстрым из статистических методов – алгоритмом RandESU, реализованным в пакете igraph (для среды R) и с программой Fanmod. Причем результаты расчета частот встречаемости типовых подграфов алгоритмом по MBK имеют меньшую погрешность.

Время расчета частот встречаемости подграфов на четырех вершинах статистическими методами

Граф	Вершин	Дуг	Время расчетов различными алгоритмами, с.		
			RandEsu (FANMOD)	RandEsu (igraph)	MBK
Сеть пользователей электронной почты [9]	265214	420045	23900	21,3	18,6
Сеть пользователей Twitter [9]	81306	1768149	17488	189	16,2

Литература

1. *Shen-Orr S.S., Milo R., Mangan S., Alon U.* Network motifs in the transcriptional regulation network of *Escherichia coli* // *Nat. Genet.* 2002. Vol. 31 (1). P.64–68.
2. *Ribeiro P., Silva F.* G-Tries: an efficient data structure for discovering network motifs // *ACM 25th Symposium On Applied Computing – Bioinformatics Track.* Sierre, Switzerland, 2010. P. 1559–1566.
3. *Grochow J.A., Kellis M.* Network Motif Discovery Using Subgraph Enumeration and Symmetry-Breaking // *RECOMB.* 2007. P. 92–106. DOI: 10.1007/978-3-540-71681-5_7.
4. *Kashani Z.R., Ahrabian H., Elahi E., Nowzari-Dalini A., Ansari E.S., Asadi S., Mohammadi S., Schreiber F., Masoudi-Nejad A.* Kavosh: a new algorithm for finding network motifs // *BMC Bioinformatics.* 2009. Vol. 10 (318). P. 318. DOI: 10.1186/1471-2105-10-318.
5. *Luis A., Meira A. et al.* acc-Motif: Accelerated Network Motif Detection // *IEEE/CM Trans. Comput. Biology Bioinform.* 2014. Vol. 11 (5). P. 853–862.7.
6. *Wernicke S., Rasche F.* Fanmod: a tool for fast network motif detection // *Bioinformatics.* 2006. Vol. 22. №. 9. P. 1152–1153.

7. *Yudin E. B., Zadorozhnyi V. N.* Statistical approach to calculation of number of network motifs // 2015 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 – Proceedings: conference proceeding, 21–23 May 2015 / Omsk State Technical University. Omsk, 2015. P. 7147296. DOI: 10.1109/SIBCON.2015.7147296.
8. *Yudin E.B., Yudina M.N.* Calculation of Number of Motifs on Three Nodes Using Random Sampling of Frames in Networks with Directed Links // Proceedings 2017 Siberian Symposium on Data Science and Engineering (SSDSE), Novosibirsk Akademgorodok, Russia 12–13 Apr 2017.
9. *Lescovec Yu.* Stanford Large Network Dataset Collection. URL: <http://snap.stanford.edu/data/index.html>.

УДК 004.77

С.В. Гусс

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

МОДЕЛИРОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ ПРОТОТИПОВ ПОЛЕЗНЫХ УСТРОЙСТВ В ЭПОХУ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Летом 2017 года в учебной программе международной Сетевой Академии Cisco (поддерживается на факультете компьютерных наук ОмГУ, где работают обученные инструкторы, функционирует лаборатория «Коммутации и маршрутизации») появились новые дисциплины, направленные на изучение и осмысление Интернета вещей (IoT – Internet of Things). IoT – это не просто концепция компьютерной сети «умных», и не очень, вещей, это реальность, меняющая способы взаимодействия (объектов, способных собирать и передавать информацию), наблюдаемые в экономических и общественных процессах.

Автор статьи прошёл инструкторское обучение по дисциплинам IoT (IoT Fundamentals: Connecting Things, Big Data & Analytics), дающее право вести обучение в рамках Сетевой Академии и готов поделиться информацией о том, что есть IoT, при-

вести реальные примеры использования IoT в жизни (бытовая сфера, промышленность, образование, здравоохранение).

Стоит отметить, что на факультете компьютерных наук, в рамках курса «Интерфейсы периферийных устройств» студентам преподаётся новейший учебный материал программы «IoT Fundamentals: Connecting Things», успешно освоившим дисциплину будут доступны материалы курса «Big Data & Analytics».

Далее представлен список затрагиваемых тем, касающихся IoT.

I. Интернет вещей (IoT). Основы

- Вещи и связь
- Датчики, приводы, микроконтроллеры
- Программное обеспечение «умных» вещей
- Сети, туманные (fog) и облачные (cloud) вычисления
- IoT в промышленности, умное производство, умный город
- Создание проекта IoT

II. Большие данные (Big Data) и аналитика

- Анализ данных
- Машинное обучение
- Визуализация больших данных и сторителлинг
- Структурирование больших данных. Инженерия данных

Последнее время на защитах курсовых и дипломных работ часто можно встретить проекты с использованием микроконтроллерной платы Arduino и миникомпьютера Raspberry Pi. К сожалению, уровень этих работ не всегда соответствует уровню выпускника высшей школы. Подобные проекты уже давно создаются школьниками старших классов на занятиях по информатике и в кружках по робототехнике. В рамках выступления хотелось бы показать, чем школьный проект отличается от университетского, а также на что следует обратить внимание, чтобы проект мог смело именоваться инженерной разработкой.

Также, не лишним будет рассмотреть вопрос обустройства лаборатории или рабочего места по изучению и прототипированию IoT устройств и того, какую часть инструментов можно заменить виртуальными средствами (симуляторы).

Е.А. Костюшина

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск*

ПРОБЛЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВУЗОМ

Сопровождение программного обеспечения является составной частью жизненного цикла информационной системы. К сожалению, так сложилось, что вопросам сопровождения уделяется существенно меньше внимания, чем другим фазам жизненного цикла, на некоторые проблемы сопровождения информационных систем управления вузом хотелось бы обратить внимание.

Сопровождение программного обеспечения определяется стандартом IEEE Standard for Software Maintenance (IEEE 1219) как модификация программного продукта после передачи в эксплуатацию для устранения сбоев, улучшения показателей производительности и/или других характеристик (атрибутов) продукта, или адаптации продукта для использования в модифицированном окружении. [1] Здесь необходимо отметить непрекращающийся процесс изменения нормативной базы в образовании, добавление федеральных информационных систем.

Деятельность персонала сопровождения включает четыре ключевых аспекта:

- поддержка контроля (управляемости) программного обеспечения в течение всего цикла эксплуатации;
- поддержка модификаций программных систем;
- совершенствование существующих функций;
- предотвращение падения производительности программной системы до неприемлемого уровня.

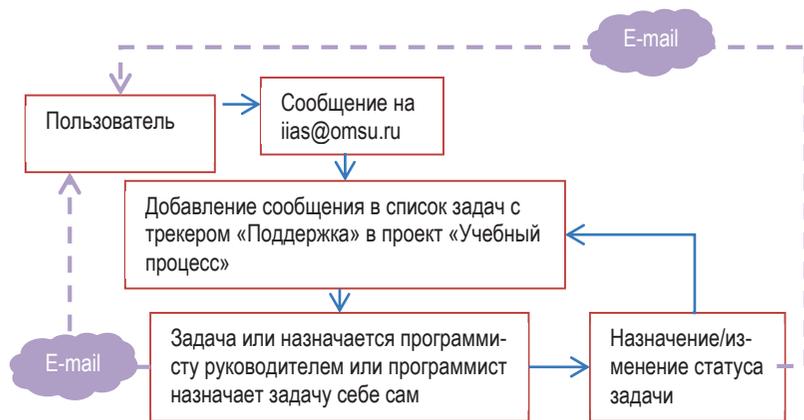
Исследования и опросы на протяжении многих лет показывают, что более 80 % усилий по сопровождению связаны не столько устранением сбоев, сколько с другими работами, не связанными с исправлением дефектов [1], например обучение поль-

зователей, исправление ошибок, допущенных пользователями, анализ источников проблем пользователей и т. п. Отметим особенности образовательных учреждений, что пользователи работают с разнообразными задачами, существует проблема частой смены пользователей.

Отметим еще одну важную проблему сопровождения информационных систем – это кадровая проблема. Часто, работа по сопровождению не выглядит привлекательной, инженеры по поддержке воспринимаются как специалисты «второго класса», хотя профессиональные требования к ним предъявляются не ниже, чем к разработчикам информационных систем.

Все эти проблемы стоят и при сопровождении информационных систем в Омском государственном университете им. Ф.М. Достоевского. Поддержка информационных систем выполняется как за счет адаптации программных продуктов, так и за счет настройки аппаратных средств. При расширении функционала используются как собственные ресурсы, так и средства аутсорсинга в зависимости области и сложности задач.

Вариант взаимодействия с пользователями, реализован с помощью Redmine (открытое серверное веб-приложение для управления проектами и задачами) (см. рис. 1), предложенное решение существенно сокращает затраты на общение с пользователями.



Организация взаимодействия с пользователем при сопровождении проекта в ОмГУ

Проблему с кадрами пытаемся решить непрерывной подготовкой молодых специалистов и подборкой удобного варианта работы.

Литература

1. Введение в программную инженерию и управление жизненным циклом ПО Программная инженерия. Сопровождение программного обеспечения. URL: http://software-testing.ru/files/se/3-5-software_engineering_maintenance.pdf (дата обращения: 17.10.2017).

УДК 004.056

Н.Ф. Богаченко

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОЛИТИК РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА БОЛЬШИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В рамках разработки методов и алгоритмов построения политик разграничения доступа для больших информационных систем (БИС) представляется перспективным использование методик интеллектуального анализа данных (ИАД, Data Mining). Это обусловлено тем, что для БИС анализ бизнес-процессов на этапе проектирования подсистемы разграничения доступа составляет значительную трудность в силу распределенности в пространстве и большого количества пользователей. Кроме того, с течением времени подсистема разграничения доступа нуждается в адаптации и оптимизации в связи постоянной изменяемостью БИС. Таким образом, классические нисходящие подходы к построению подсистемы разграничения доступа БИС становятся неэффективными. Восходящие технологии проектирования, к которым относятся методы Data Mining, позволяют получать адаптивные решения в ситуации неопределенности и изменчивости.

Под интеллектуальным анализом политики разграничения доступа (Access Control Mining, ACM) будем понимать совокупность методов и алгоритмов построения, анализа и оптимизации политики разграничения доступа, основанных на обнаружении неизвестных (скрытых) элементов и закономерностей в имеющемся достаточно большом массиве данных о функционировании информационной системы. В соответствии с основными типами моделей разграничения доступа следует различать: интеллектуальный анализ ролевой политики разграничения доступа (Role-Based Access Control Mining, RBACM); интеллектуальный анализ мандатной политики разграничения доступа (Mandatory Access Control Mining, MACM); интеллектуальный анализ дискреционной политики разграничения доступа (Discretionary Access Control Mining, DACM).

В настоящее время известность получила задача разработки ролей (Role Mining Problem, RMP), являющаяся подзадачей RBACM: известна информация о пользователях системы и полномочиях, которые необходимы каждому пользователю для работы в системе – определены множества U , P и отображение $UP: U \rightarrow 2^P$; требуется построить множество ролей R и отображения $RP: R \rightarrow 2^P$, $UR: U \rightarrow 2^R$, $RR: R \rightarrow 2^R$ [1]. Задача разработки ролей является NP-полной. Для ее решения предлагается использовать методiku построения решетки концептов по формальному контексту, разработанную в рамках анализа формальных понятий (АФП) [2]. Начальные данные о ролевом разграничении доступа представляются в виде формального контекста (P, U, \mathbf{PU}) ; $[\mathbf{PU}]_{ij} = 1 \Leftrightarrow p_i \in UP(u_j)$. Для произвольных подмножеств $X \subseteq P$, $Y \subseteq U$ определяются операторы Галуа: $X^\uparrow = \{u_j \in U \mid \forall p_i \in X: [\mathbf{PU}]_{ij} = 1\}$, $Y^\downarrow = \{p_i \in P \mid \forall u_j \in Y: [\mathbf{PU}]_{ij} = 1\}$. Пара (X, Y) называется концептом, если $(X = Y^\downarrow) \wedge (Y = X^\uparrow)$. Методами АФП осуществляется поиск всех концептов. Концепты отождествляются с ролями: $R = \{r_1 = (X_1, Y_1), \dots, r_n = (X_n, Y_n)\}$. На множестве ролей вводится отношение порядка – отношение авторизации ролей друг на друга: $(X_i, Y_i) \leq (X_j, Y_j) \Leftrightarrow X_i \subseteq X_j \wedge (Y_i \supseteq Y_j)$. Согласно основной теореме АФП, роли, упорядоченные в соответствии с отношением авторизации, образуют алгебраическую решетку (R, \leq) . Решетка усекается до айсберга $R^* = \{r_{i1}, \dots, r_{is}\}$:

$Y_{i1} \cup \dots \cup Y_{is} = U$. Полученная иерархия (R^*, \leq) интерпретируется как иерархия ролей. Необходимо отметить, что в работе [3] задача разработки ролей также решалась с использованием инструментария АФП, но были определены другие алгоритмы построения формального контекста и оптимизации решетки концептов.

Предложено расширение задачи разработки ролей на случай, когда в БИС реализовано дискреционное разграничение доступа: на основе существующих в системе разрешений на доступ, представленных матрицей доступов, реализовать ролевую политику разграничения доступа. Данная проблема разбивается на два этапа: выделение множества полномочий P , исходя из матрицы доступов \mathbf{M} , и задача разработка ролей в классической постановке. Первый этап, названный *проблемой разработки полномочий*, является подзадачей ДАСМ. Решение основано на декомпозиции матрицы доступов \mathbf{M} по каждому виду доступов к объектам и последующему выделению табличных подпространств, формирующих полномочия на действия в системе в целом.

Для решения обратной задачи построения мандатной политики разграничения доступа сформулирована *проблема разработки решетки ценностей*, являющаяся подзадачей МАСМ: известен оргграф G , описывающий разрешенные в системе информационные потоки; требуется определить тип решетки ценностей S политики разграничения доступа [4]. Используя математический аппарат теории решеток и теории графов, сформулирован и аналитически обоснован алгоритм решения задачи разработки решетки ценностей. На вход алгоритму подается ориентированный граф G порядка n . На выходе ожидается ответ на вопрос, порождает ли оргграф G некоторую MLS-решетку $S = XS(n_1) \times LS(n_2)$, где $XS(n_1)$ – решетка подмножеств множества мощности n_1 , $LS(n_2)$ – линейная решетка на множестве мощности n_2 . Проверяется, что оргграф G является решеточным, то есть порождает некоторую алгебраическую решетку. Формируется множество вершин P , покрывающих ровно одну вершину (вершина v_i покрывает вершину v_j , если в транзитивном замыкании графа существует дуга (v_i, v_j) и не существует ориентированного пути $\rho(v_i, v_j)$ такого, что $|\rho(v_i, v_j)| > 1$). Формируется множество вершин $A \subseteq P$, являющихся атомарными (вершина v_i называется атомарной, если она покрывает

только сток орграфа). Пусть $p = |P|$, $a = |A|$. Для случая $P = A$: если $n \neq 2^p$, то ответ «нет»; иначе $S = XS(p)$. Для случая $P \subseteq A$: если $n \neq 2^{a-1}(p - a + 2)$, то ответ «нет»; иначе требуется проверить, что все вершины из множества $C = P \setminus A$ образуют цепь из последовательно покрывающих друг друга вершин, а последняя вершина этой цепи покрывает вершину из множества A ; если требуемая цепь существует, то $S = XS(a - 1) \times LS(p - a + 2)$. Доказан ряд утверждений и теорем, детализирующих шаги алгоритма. Доказано, что вычислительная сложность алгоритма не превосходит $O(n^4)$.

Литература

1. *Vaidya J., Athuri V., Guo Q.* The role mining problem: Finding a minimal descriptive set of roles // Proceedings of Symposium on Access Control Models and Technologies (SACMAT). 2007. P. 175–184.
2. *Choi V.* Faster Algorithms for Constructing a Concept (Galois) Lattice. 2006. arXiv:cs/0602069v2.
3. *Molloy I., Chen H., Li T., Wang Q., Li N., Bertino E., Calo S., Lobo J.* Mining roles with semantic meanings // Proceedings of the 13th ACM symposium on Access control models and technologies. 2008. P. 21–30.
4. *Белим С.В., Богаченко Н.Ф., Фирдман И.А.* Обратная задача построения мандатной политики безопасности // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2012. № 1. С. 12–18.

УДК 004.89

А.С. Бакшаев, Д.М. Бречка

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИМЕНИМОСТИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В АНАЛИЗЕ ТЕНДЕНЦИЙ ФОНДОВОГО РЫНКА

Ключевые слова: Нейронная сеть, архитектура нейронной сети, многослойный персептрон, скрытый слой, обучение нейронной сети.

Для реализации нейронной сети был использован язык программирования высокого уровня Python (3.5), в качестве средств создания и обучения – библиотека Keras, которая включает TensorFlow, theano, scipy и numpy. В качестве данных для обучения и тестирования были использованы значения цен индекса ММВБ. Использование такого специфичного индекса вызвано тем, что эти значения находятся в свободном доступе, а для получения курсов валют или цен акций компаний необходима платная подписка. В качестве ознакомления и в рамках данной работы приемлемо использовать индекс ММВБ.

За основу нейросети была выбрана модель многослойного персептрона. Для обучения использовался алгоритм обратного распространения ошибки [2]. Библиотека Keras позволяет детально настраивать каждый скрытый слой нейросети, а так же автоматически проверять нейросеть во время обучения на тестовых значениях [1], тем самым избегая ошибку переобучаемости.

Целью обучения сети алгоритмом обратного распространения ошибки является такая подстройка ее весов, чтобы приложение некоторого множества входов приводило к требуемому множеству выходов. Для краткости эти множества входов и выходов будут называться векторами. При обучении предполагается, что для каждого входного вектора существует парный ему целевой вектор, задающий требуемый выход. Вместе они называются обучающей парой. Сеть обучается на многих парах [3]. В функцию обучения передаются преобразованные значения в формате двумерной матрицы класса numpy.ndarray, для того чтобы получить результат с помощью обученной нейронной сети необходимо вызвать метод predict [4] и передать в качестве аргумента массив значений.

Таким образом, в ходе исследования был написан скрипт на Python, позволяющий посредством нейронной сети предсказывать тенденцию с 54 % вероятностью. Для приближения точности предсказания необходимо добавлять в нейросеть весовые коэффициенты, отвечающие за события происходящие в мире.

Литература

1. *Brownlee J. Deep Learning With Python. 2016.*

2. *Потемкин В.Г., Медведев В.С.* Нейронные сети. MATLAB 6. 2002.
3. Machine Learning Mastery. URL: <http://machinelearningmastery.com/> (дата обращения: 05.05.2017)
4. Keras Documentation. URL: <https://keras.io/> (дата обращения: 20.09.2017).

УДК 58.082.115:004

Т.В. Костеннов, Д.М. Бречка

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ

Питание – неотъемлемая часть жизни любого человека: каждый день у нас возникает потребность в еде. Неудовлетворительное качество пищи влечёт за собой долгосрочное ухудшение здоровья. Различные климатические условия, в которых проживает человек, не позволяют повсеместно выращивать все растения, которые человек может употребить в пищу. Также стоит учитывать и условия проживания, ведь удельный вес городского населения в общей численности населения на 2015 год составляет 74,0 %. Не каждый человек может позволить себе содержать собственный сад или огород, но достижения современных технологий позволяют выращивать многие растения и в ограниченном пространстве, без солнечного света. Для этого применяются различные системы, одной из которых являются гроубоксы (англ. grow – выращивать и box – коробка). Гроубокс (growbox) – шкаф (ящик, коробка) для выращивания почти любых растений, требующих создания специального микроклимата, в замкнутом пространстве.

Хотя современные решения в данной области и имеют огромное разнообразие в плане внешнего вида, внутреннее исполнение почти всех представленных устройств идентично. И с при-

обретением гроубокса расходы пользователя не заканчиваются: большинство систем требуют также покупки специализированных ламп, систем полива и орошения, систем вентиляции. Всё это влечёт за собой дополнительные расходы, увеличение итоговой стоимости всего устройства и усложнение системы. К тому же почти все представленные решения не имеют автоматизации и очень зависят от человека. Всё вышеперечисленное и обусловило разработку автоматического комплекса выращивания растений, включающего в себя систему контроля микроклимата теплицы и требующего минимального вмешательства человека.

Для выполнения поставленной цели был собран тестовый стенд, содержащий ключевые компоненты будущей системы. Постоянный мониторинг состояния и поведения системы позволили сделать выводы о направлениях улучшения.

В качестве осветительного прибора были выбраны лампы для увеличения продолжительности светового дня растения. Подобные лампы содержат в себе светодиоды с определенными характеристиками, а именно с длиной волны света 445 нм и 660 нм, которые, согласно многим исследованиям, необходимы для нормального функционирования всех систем жизнедеятельности растения. Данные лампы не являлись достаточно мощными, но показали хорошие результаты. Их использование, хоть и не по прямому назначению, позволило убедиться в рациональности общей идеи работы. Растения чувствовали себя комфортно без солнечного света и освещались только данными лампами. В качестве направления для улучшения данного аспекта были выбраны специализированные светодиоды со значительно более высокой мощностью светового потока.

На роль платы управления и принятия решений была выбрана плата с микропроцессором atmega328. Дальнейшее использование данной платы показало, что её вычислительной мощности достаточно для получения информации с датчиков и управления системой, но недостаточно для обеспечения работоспособности более сложных алгоритмов. Чтобы улучшить систему в этом направлении, был пересмотрен процесс принятия решений о состоянии системы. В дальнейшем для этой цели будет использоваться плата Raspberry Pi, вычислительной мощности которой

достаточно для сложных алгоритмов анализа поведения системы и изменения условий. К данной плате также можно будет подключить несколько систем контроля микроклимата, что позволит расширить систему. Плата на основе микропроцессора atmega328 далее будет использована для опроса датчиков и исполнения команд, поступающих с управляющей платы.

Использование одних из самых простых и дешевых датчиков для получения информации о системе во многом усложнило анализ получаемых данных – точность подобных устройств недостаточна. В целях повышения эффективности были выбраны датчики из среднего ценового сегмента, имеющие большую точность и большой ресурс работы.

Для обеспечения правильной работы системы был разработан алгоритм, позволяющий ей реагировать в режиме реального времени на изменения внешних условий. Подобный алгоритм хотя и доказал свою работоспособность, но недостаточен для оптимального функционирования системы. В дальнейшем необходимо разработать алгоритмы принятия решений, основанные на прошлых данных. Для этого могут подойти как машинное обучение, так и предиктивные алгоритмы.

Подводя итоги проделанной работе, хочется сказать, что созданный прототип требовал минимального вмешательства человека в процессе работы и обходился без дополнительного обслуживания, что отвечало изначальным требованиям. Результаты тестирования прототипа были выше ожидаемых. Несмотря на это, необходимо провести работу по улучшению системы, направления для которого были определены.

Д.М. Мартынов, С.В. Гусс

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Появление сети Интернет стало главным толчком в развитии информационных вычислительных систем. Глобальная сеть перевернула представления о компьютере и связи, как ни одна другая технология. Изобретение телеграфа, телефона, радио и компьютера создало основу для интеграции возможностей. Интернет – это одновременно возможность трансляции на весь мир, механизм для распространения информации, а также средство для совместной работы пользователей вне зависимости от географического местоположения. С коммерческой и научной стороны Интернет представляет собой один из наиболее успешных примеров преимуществ надёжных и устойчивых инвестиций и стремлений к исследованиям, а также разработке информационной инфраструктуры.

В основу концепции NGN (Next Generation Network – сеть связи следующего поколения) заложена идея о создании универсальной сети, которая позволяла бы переносить любые виды информации, такие как: речь, видео, аудио, графику и т. д., а также обеспечивать возможность предоставления неограниченного спектра услуг. Базовым принципом концепции NGN является отделение друг от друга функций управления сетью (маршрутизация, качество обслуживания и т. д.) и коммутации.

В сфере информационных технологий происходит смена подходов к построению сетей на основе конвергенции двух основных технологий, SDN (Software-Defined Networks – программно-конфигурируемые сети) и NFV (Network Function Virtualization – виртуализация сетевых функций). Такая конвер-

генция достигается за счет более глубокого проникновения принципов программного управления в реализацию сервисов и развитие техники виртуализации, при этом основной упор делается на использование программных методов, оставляя аппаратной составляющей вспомогательную (исполнительную) роль.

Внедрение таких технологий до сих пор не отлажено и нет массового внедрения в постоянное пользование. На сегодняшний день данные технологии отлаживаются и дорабатываются. Концепция NGN и технология SDN актуальны и ими стоит заниматься (проводить исследования, ставить эксперименты). По всей видимости они действительно способны решить проблемы современной компьютерной сети: масштабируемость, рост объема трафика, гибкая маршрутизация. Крупные IT-компании и операторы связи уже начинают внедрение SDN технологии, но они не спешат внедрять свою продукцию в массы, так как еще не всё до конца протестировано, а это в свою очередь не позволяет гарантировать стабильность работы сети без постоянного администрирования специалистами высокого уровня. На данный момент есть большая проблема четкого представления, что требуется для внедрения и как это обслуживать.

В рамках исследовательской работы авторов статьи проводится моделирование SDN сетей и выявление преимуществ, которыми могла бы обладать сеть, например факультета компьютерных наук Омского Государственного Университета. В данный момент проводится поиск бесплатного программного обеспечения контроллера для управления программно-конфигурируемой сетью. Одна из задач – проверить возможность установки контроллера уровня Cisco Open SDN Controller 1.2 на сервер виртуализации и интегрировать его в эмулируемую среду управляемых устройств-исполнителей команд контроллера. Контроллер SDN очень требователен к вычислительным ресурсам (минимум 64 Гб дискового пространства, 4-х ядерный процессор Intel, минимум 16 Гб оперативной памяти). Эмулируемая среда исполнительных устройств менее требовательна, поскольку, скажем, для работы сетевой операционной системы, такой как Cisco NX-OS, требуется примерно 3 Гб оперативной памяти.

Исследование преследует две цели. Первая, практическая – разобраться с целесообразностью внедрения технологии SDN в факультетской сети, что для этого нужно и во сколько это обойдётся, а также возможно ли администрирование такой сети без квалифицированной поддержки. И вторая, научная – описать сценарии, в том числе и гипотетические, внедрения и управления программно-конфигурируемой сетью в организациях и на мероприятиях различного назначения, по возможности сопровождая это интерактивными имитационными моделями и примерами управляющих контроллерных программ, учитывающих специфику и потребности организации.

Литература

1. Сетевые технологии SDN – Software Defined Networking. URL: <https://habrahabr.ru/company/muk/blog/251959/> (дата обращения: 22.05.2017).
2. Основные принципы сетей следующего поколения NGN. URL: http://ngn.psuti.ru/?page=information_01_user (дата обращения: 01.06.2017).
3. Cisco Open SDN Controller 1.2 Data Sheet. URL: <https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/cloud-systems-management/open-sdn-controller/datasheet-c78-733458.html> (дата обращения: 1.08.2017).

УДК 004.053

А.А. Бондаренко, Е.А. Тюменцев

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСТАНТЫ В ДОСТАТОЧНОМ УСЛОВИИ ЛИНЕЙНОЙ СКОРОСТИ ПРОЦЕССА РАЗРАБОТКИ

Известно, что при разработке крупных программных проектов наблюдается эффект снижения скорости разработки с увеличением размера проекта. Так в исследованиях [2; 3] показано,

что трудоемкость разработки программы возрастает как степенная функция с показателем, близким к 1,5.

В статье [3] предложена формальная модель процесса разработки ПО. Текст программы рассматривается как набор слов формального языка, а процесс же разработки программы рассматривается как последовательность атомарных операций – добавление или удаление слова, добавление или удаление символа слова, применяемых к тексту программы.

Трудоемкость разработки программы определена в терминах количества атомарных операций, составляющих процесс разработки. На основании данной модели сформулировано и доказано достаточное условие сохранения постоянной производительности труда – трудоемкость разработки любого слова программы должна быть ограничена некоторой заранее определенной константой.

Чтобы применить критерий, необходимо определить значения константы. Для этих целей в данной работе предлагается использовать карты Шухарта [4].

На карте индивидуальных значений каждое измерение – это трудоемкость разработки одного слова программы. Верхняя контрольная граница такой карты соответствует искомой константе. В случае если процесс редактирования программы оказывается статистически не устойчивым можно утверждать, что достаточное условие сохранения постоянной производительности труда не выполняется, отдельные же точки, выходящие за пределы контрольных линий, могут указывать на слова, которые мешают выполнению достаточного условия и должны быть переписаны (произведен рефакторинг).

Преимущество данного подхода заключается в возможности автоматизации процесса вычисления константы и выявления плохо написанных участков программы для последующего их улучшения. Автоматизация может быть реализована посредством плагина к среде разработки.

Литература

1. *Nanus B., Farr L.* Some cost contributors to large-scale programs // AFIPS Proc. SJCC. Spring 1964. Vol. 25. P. 239–248.

2. *Weinwurm G.F.* Research in the management of computer programming // Report SP-2059. System Development Corp. Santa Monica, 1965.
3. *Тюменцев Е.А.* О формализации процесса разработки программного обеспечения // Математические структуры и моделирование. 2017. № 3(43). С. 96–107.
4. *Уилер Д., Чамберс Д.* Статистическое управление процессами: Оптимизация бизнеса с использованием контрольных карт Шухарта = Understanding Statistical Process Control. М.: Альпина Паблишер, 2009. С. 310.

УДК 004.432

А.Д. Городецкий, Е.А. Костюшина

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

СИСТЕМА ЭФФЕКТОВ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ КОРРЕКТНОГО РУЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПАМЯТЬЮ

Проблемы менеджмента памяти исследуются уже более 40 лет. Основная сложность менеджмента памяти заключается в необходимости поддержки *reference* типов [3], так как на этапе компиляции время жизни объектов *reference* типов не известно, кроме того они могут образовывать сложные графы объектов.

За долгие годы было разработано большое количество алгоритмов, которые обслуживают память программ максимально эффективно в конкретных случаях [1], однако, общий алгоритм, одинаково хорошо работающий во всех программах, так и не был найден.

На фоне этих проблем до сих пор свою нишу имеют языки C/C++, которые позволяют работать с «сырой» памятью и реализовывать свои менеджеры памяти под конкретные задачи, которые, разумеется, будут работать максимально эффективно. Однако, семантика языков C/C++ не содержит системы правил ра-

боты с памятью, достаточной для гарантированной корректности результатов.

В некоторых современных языках, например Rust [2], с помощью *системы типов* [3] сделаны попытки решить проблему сочетания разных алгоритмов управления памятью. Система типов есть некоторая замкнутая, нерасширяемая система, на которую могут повлиять лишь разработчики языка. Основная задача системы типов – задать набор правил для работы с **данными**.

Расширение системы типов конструкциями управления памятью, ввода/вывода или другими ресурсами, приводит к усложнению работы с базовыми операциями над данными, для которых изначально и предполагались системы типов.

Объединение возможности ручного управления памятью (C/C++) с некоторым набором правил, гарантирующими корректность, при этом не усложнив решение типовых задач, можно достичь с помощью включения в язык *программируемой системы эффектов*. Под эффектом понимается некоторое изменение состояния переменной или некоторое «скрытое» поведение функции [3]. Система эффектов дает возможность задать некоторые дополнительные правила отношений между переменными и функциями (состояние переменной файла: открыт/закрыт). В современных оптимизирующих компиляторах система эффектов может оперировать только с фиксированным набором таких правил.

Для решения проблемы корректности реализации управления ресурсами и ручного управления памятью на **библиотечном уровне**, а не на уровне языка необходимо проектировать язык, с компилятором, поддерживающим программируемую систему эффектов, позволяющую вводить любые ограничения на взаимодействие между переменными и функциями.

Литература

1. Jones R., Hosking A., Moss E. The Garbage Collection Handbook: The Art of Automatic Memory Management. 1996. (Chapman & Hall/CRC Applied Algorithms and Data Structures series).
2. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Patina-A-Formalization-of-the-Rust-Programming-Lan-Reed/bc9c4e30809c1a29b72c34d35029958135fe96df>.

3. Пирс Б. Типы в языках программирования. Добросвет: Лямбда пресс, 2014.

УДК 004.42

В.Д. Ильченко

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ПРИЛОЖЕНИЕ НА ANDROID-ТЕЛЕФОН ДЛЯ КОНТРОЛЯ РЕБЕНКА С ПОМОЩЬЮ SMART-БРАСЛЕТА

Контроль за детьми в современном мире является очень непростой задачей для родителей. Случается не мало случаев, когда в отсутствии родителей или какого-либо иного наблюдения происходит непредвиденные обстоятельства с детьми. Для решения данной проблемы в современных условиях может помочь создание мобильного приложения при помощи которого можно будет отслеживать состояние здоровья ребенка в текущий момент, за определенный период времени, контролировать маршрут движения и накладывать его непосредственно на карту, вносить показания врача.

В основу такого приложения может лечь использование smart-браслета. В настоящее время на рынке есть большее количество умных браслетов, которые доступны каждому. С помощью таких браслетов можно получать данные о ребенке.

Это приложение, которое будет создаваться под Android, подразумевает объединить в себе следующие функции:

1. Отслеживание местоположения телефона ребенка в данный момент, а также накладывание их на карту. Существует несколько технологий для решения данной проблемы, при создании приложения в основном будут рассматривать GPS или WiFi. Также приложение предоставит функцию уведомлять родителя о нахождении ребенка за зоной, которой ему положено находиться.

2. Отчетность в виде графиков, статистик.

3. Данные с умного браслета, такие как температура, сердцебиение, шагомер. Приложение будет иметь возможность хранить эти данные, для того, чтобы родитель смог проанализировать, что влияет на здоровье ребенка в определенный момент времени, какой стресс он испытывает и так далее.

4. Внесение показаний врача.

Данное приложение преследует цель уменьшить возможность возникновения неблагоприятной ситуации с ребенком, с помощью него родителям будет проще следить за здоровьем своего ребенка, а мониторинг и хранение данных обеспечат родителю анализировать, что и как влияет на ребенка в определенное время.

УДК 004

Т.Ю. Балашова

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ОПТИМИЗАЦИЯ СПИСКОВ ДОСТУПА С ПРИМЕНЕНИЕМ АНАЛИЗА ФОРМАЛЬНЫХ ПОНЯТИЙ

Access Control List, или ACL, – это упорядоченное множество правил, разрешающих или запрещающих прохождение пакета. Маршрутизатор проверяет каждый поступающий сетевой пакет на соответствие правилам и при первом же совпадении принимает решение, пропустить или отбросить пакет. Очевидно, что чем больше правил содержит ACL, тем дольше происходит обработка списка, что напрямую влияет на скорость работы сети.

Для решения этой проблемы применяется перестановка правил списка доступа [1; 2]. Удаление избыточных выражений ACL – это второй способ быстрее проверить пакет. Метод, основанный на обработке интервальных деревьев, позволяет выявить

излишние и несовместимые правила. Подробное описание можно найти в [3].

В данной работе описан еще один способ увеличить скорость обработки списка доступа – оптимизация ACL с применением анализа формальных понятий.

Анализ формальных понятий (АФП) широко известен как метод обработки данных, извлекающий из этих данных концептуально общие структуры. Он основан на концепции формального контекста, из которого берется таксономическая структура понятий.

В анализе формальных понятий применяются множества объектов G и принадлежащих им атрибутов M . Для работы с ACL множества объектов представляет `address`, `any` или `host`, а принадлежащие им атрибуты – это правила `permit`, `deny`.

На данных множествах составляется формальный контекст и уже на его основе строится решетка понятий контекста.

Анализ решетки понятий контекста выявляет лишние правила, а благодаря ее иерархичности позволяет объединить соседние и перекрывающиеся.

Рассмотренный алгоритм позволяет сократить количество выражений в ALC, тем самым повышая скорость обработки сетевых пакетов.

Литература

1. *Grout V., McGinn J.* Optimisation of Policy-Based Internet Routing using Access Controll Lists // Proceedings of the 9th IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network Management. 2005. URL: http://www.newi.ac.uk/groutv/Papers/IEEE_IM_ACLs.pdf (дата обращения: 16.04.2017).
2. *Al Abdulmohsin I.M.* Techniques and Algorithms for Access Control List Optimization // Computers & electrical engineering. 2009. Vol. 35, Iss. 4. P. 556–566. URL: <http://www.sciencedirect.com/science/journal/00457906> (дата обращения: 10.05.2017).
3. *Зверев А.В., Лавров Д.Н.* Оптимизация списков доступа на основе обработки интервальных деревьев // Математические структуры и моделирование. 2011. Вып. 24. С. 102–106.

И.Д. Сиганов

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

МОДЕЛЬ СИНХРОНИЗАЦИИ АНАЛОГОВОГО И ЦИФРОВОГО ЗВУКА НА ЛЕТУ

Предположим у нас есть кинолента с магнитной звуковой дорожкой, которая имеет много повреждений, и существует цифровая копия этой звуковой дорожки. Мы хотим воспроизводить киноленту через проектор, но слушать качественный цифровой звук. Тогда нам нужна система синхронизации аналогового и цифрового звука, чтобы не было ощутимой рассинхронизации между картинкой и звуком.

Заметим, что воспроизводимый звук с плёнки имеет нестабильную скорость, меняющуюся во времени. То есть в начале скорость будет меньше, чем в конце, из-за изменения угловой скорости вращения бобины. Эта разница скоростей может привести к изменению времени воспроизведения до 10 секунд, что было подтверждено практически. Поэтому при одновременном проигрывании цифровой дорожки с фиксированной скоростью рассинхронизация будет сильно ощутима.

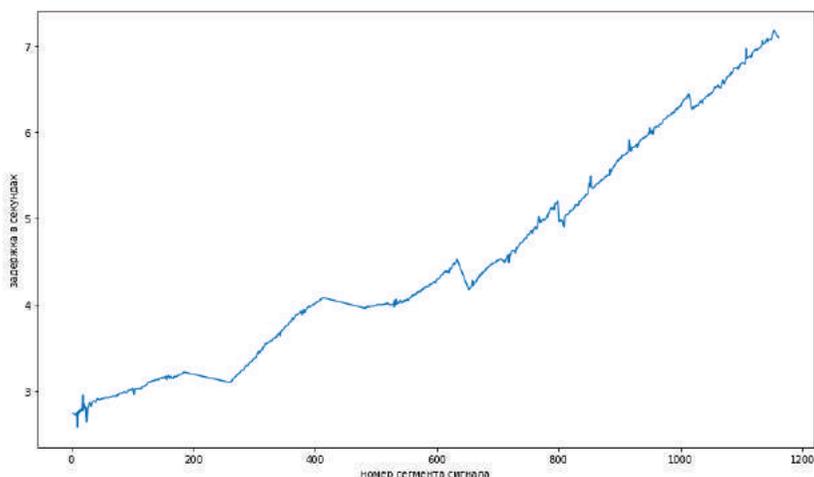
Таким образом, необходимо спроектировать систему синхронизации звука на лету со следующими критериями: устойчивость к растяжению сигналов во времени, к несовпадению их амплитуд и к аддитивным шумам, появляющимся при чтении звука с ленты. На лету означает, что системе известна вся цифровая дорожка, но аналоговый звук поступает по мере воспроизведения.

Запишем исходную идею формально. Каждый N секунд система берёт прошлые M секунд аналогового звука и вычисляет некоторым образом задержку d между моментом времени T аналогового сигнала и соответствующим моментом времени T' цифрового. Далее следующие N секунд цифровой звук будет воспро-

изводиться так, чтобы скомпенсировать эту задержку d . Если рассматривать каждый раз достаточно маленькие отрезки времени M , то можно предположить, что искажения по времени будут незначительными, значит можно применять алгоритмы неустойчивые к ним. Тогда можно решать задачу поиска задержки между двумя небольшими отрезками сигналов.

Было проверено несколько методов вычисления задержек и выделено два наиболее успешных – вычисление автокорреляций и расстояний между контрольными точками в спектрограммах. Предполагается, что эти точки уникальны и по их положению можно определить дельту задержки двух звуков. Но оказалось, что это качественно работает только на весьма больших отрезках времени M , что в случае синхронизации на лету проблематично.

Алгоритм работает следующим образом: для окна аналогового звука размера W методом автокорреляции вычисляется несколько значений дельты смещения для небольшого набора окон цифрового сигнала разного размера. Далее оценивается достоверность вычисленной дельты, учитывая статистику прошлых вычислений и значения дельт для разных окон по цифровому сигналу. В конце применяется компенсация смещения. Результат работы алгоритма по 2 часам звука виден на графике значений дельт на рисунке.



Дальнейшее развитие алгоритма предполагает улучшение адаптации к выбросам, которые видны на рисунке и добавление адаптации к пропускам в аналоговом звуке.

Литература

1. *Опенгейм А.В., Шафер Р.В.* Цифровая обработка сигналов / пер. с англ. под ред. С.Я. Шаца. М.: Связь, 1979. 416 с.
2. *Уидроу Б., Стирнз С.* Адаптивная обработка сигналов: пер. с англ. М.: Радио и связь, 1989. 440 с.
3. How does Shazam work. URL: <http://coding-geek.com/how-shazam-works/> (дата обращения: 9.10.2017).
4. Как Яндекс распознаёт музыку с микрофона. URL: <https://habrahabr.ru/company/yandex/blog/181219/> (дата обращения: 9.10.2017).

УДК 004

А.А. Кондюрина

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

АРХИТЕКТУРА ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТОЧКИ ДОСТУПА В ПРОСТРАНСТВЕ

Для дальнейшего поиска решения задачи обнаружения не-санкционированно установленного источника излучения путем построения трилатерационной модели с использованием перемещающегося в пространстве мобильного устройства в качестве приемника сигнала [1], необходимо было определить реальные шумы, воздействующие на систему, в данном случае – это шумы, воздействующие на акселерометр мобильного устройства.

Был проведен эксперимент по определению шумов акселерометра на отдельно взятом мобильном устройстве в условиях покоя. Для полученных значений шумов был применен критерий

Колмогорова-Смирнова, чтобы проверить, что шумы системы подчиняются нормальному распределению.

При выбранном уровне значимости α полученная статистика меньше табличного значения, что позволяет сделать заключение о применимости предложенной модели и перейти к дальнейшей программной реализации.

Очевидно, что для данной задачи наиболее предпочитаемой оказывается клиент-серверная вычислительная архитектура. Однако, для грамотного построения всей системы, необходимо учитывать прогнозируемый большой объем данных, поступающих с мобильного клиента, а также особенности реализации серверной стороны для обеспечения надежной работы при параллельном приеме и обработке данных для периодического уточнения местоположения искомого источника. Также необходимо учитывать вероятные аномалии в полученных данных и возможности их отсева прежде, чем они смогут воздействовать на результат вычислений.

Литература

1. *Лавров Д.Н., Кондюрина А.А.* Определение траектории движения приёмника системы обнаружения несанкционированно установленной точки беспроводного доступа // Математические структуры и моделирование. 2017. № 1 (41). С. 75–87.

УДК 004

В.С. Пашкин

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

КОНЦЕПЦИЯ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ АТАК НА КОМПЬЮТЕРНУЮ СЕТЬ И ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ИМ

В современном мире интернет вошёл в нашу повседневную жизнь. Маленькие и большие предприятия ежедневно обменива-

ются важной информацией. А технологии взлома больше не требуют глубоких познаний. Поэтому вопрос безопасности сетей является как никогда актуальным. Но проверка в реальных условиях весьма трудоёмкий и ресурсозатратный процесс. Одним из возможных решений может послужить моделирование [1].

При моделировании можно не бояться испортить отлаженную сеть и задумываться о резервных копиях. Плюс можно абстрагироваться от текущих конфигураций и технологий, не проводить полную настройку всех систем.

Описываемый программный продукт представляет собой систему, направленную на обучение специалистов в области сетевых технологий и предоставляющую инструменты для моделирования хакерских атак извне, конструктор для создания и конфигурирования сети, систему для интерактивного отражения атаки.

Можно выделить следующие режимы работы программы: свободное конфигурирование (пользователь сам настраивает сеть и пытается совершить её взлом), сценарий (пользователю ставится цель и ограничения), динамическое поведение (компьютерный оппонент будет реагировать на поведение пользователя).

Основными типами атак для моделирования были выбраны DoS (DDoS), IP snoofing, man-in-the-middle, packet-sniffers. Каждая из них включена в отдельный сценарий. При использовании режима свободного конфигурирования возможна реализация не указанных в списке атак.

Однако, чтобы попытаться приблизить смоделированную сеть к реальной следует предусмотреть её возможную реакцию на атаку, иницируемую, к примеру, системным администратором. Для имитации подобных действий применяются различные алгоритмы: от простых условных переходов до подхода «нервная система сети» [2]. Аналогично и для поведения злоумышленника. Описанная концепция является самой сложной в реализации частью программного продукта, но так как одной из главных задач программы ставится обучение, то именно она позволяет получить самый реалистичный опыт.

Если реалистичность можно назвать первым фактором, способствующему правильному обучению, то наглядность можно назвать вторым. Поэтому особое внимание будет уделено

визуальной составляющей. Ведь если после конфигурирования и нажатия кнопки пуск будет выдан простой ответ прошла атака или нет, останется множество вопросов. С данной целью система и её отдельные части будут иметь наглядный интерфейс для мониторинга состояния, а также возможностью переходов между ними (история и прогнозирование). Полный путь пакета, от его создания до перехода к месту назначения, с демонстрацией всех промежуточных этапов и каким образом он был на них обработан. Все факторы, повлиявшие на маршрут пакета, будут учтены (например, заголовки и конфигурация маршрутизатора)

Литература

1. *Тумоян Е.П.* Методы формального моделирования сетевых атак // Известия Южного федерального университета. Технические науки. 2008. № 1(78). С. 107–111.
2. *Котенко И.В., Шоров А.В.* Имитационное моделирование механизмов защиты компьютерных сетей от инфраструктурных атак на основе подхода «нервная система сети» // Труды СПИИРАН. 2012. № 3(22). С. 45–70.

УДК 004

А.В. Черкашин

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ФАКТОРЫ, ОГРАНИЧИВАЮЩИЕ ВНЕДРЕНИЕ SDN-СЕТЕЙ

Основы локальных сетей были заложены еще в 70-е годы XX столетия. На протяжении 50 лет все изменения сводились к увеличению скоростных характеристик со стороны медиа-уровня модели OSI и к доработке стека протоколов TCP/IP со стороны уровня-хоста модели OSI [1]. Увеличение роста трафика и повсеместное внедрение виртуализации, в том числе виртуализации сети (NFV), а также медленная реакция производителей се-

тевого оборудования на «желания» конечных потребителей, заставили задуматься о необходимости изменений в концепции ЛВС [2].

1. Изменения в концепции ЛВС с внедрением ПКС

1.1. Разделение функции управления и передачи данных

При традиционном подходе к построению ЛВС [3]:

- управляющий трафик постоянно находится в сети, а это способствует снижению пропускной способности и снижает безопасность;

- перестройка ЛВС трудозатратна: необходимо переконфигурировать устройства коммутации/маршрутизации по принципу «каждый».

При построенной ПКС сети [4]:

- управляющий трафик генерируется ПКС-контроллером только по запросу коммутатора и является актуальным только на момент передачи;

- при перестройке ЛВС на коммутаторах надо указать адрес ПКС-контроллера.

1.2. Преодоление «тупиков» коммутируемых сетей

При традиционном подходе к построению ЛВС [3]:

- тип соединения «каждый – каждый» возможен только на устройствах третьего уровня модели OSI, то есть на маршрутизаторах;

- повсеместное внедрение виртуализации привело к тому, что в рамках даже малых ЦОД возможности VLAN (4096 вариантов) крайне недостаточно.

При построенной ПКС сети [4]:

- тип соединения «каждый – каждый» возможен по умолчанию, ПКС не даёт образоваться кольцу в автоматическом режиме;

- проблема VLAN решена уже на уровне технологии, и её возможности составляют около 16 миллионов вариантов.

2. Суть технологии программно-конфигурируемых сетей (ПКС)

Если при традиционном подходе данные между серверной и клиентской частью передаются последовательностью пакетов,

то в случае ПКС данные могут передаваться потоками пакетов. За формирование потоков отвечает ПКС-контроллер, и согласно заложенной в него логике, может выставлять приоритеты для потоков данных [5].

Рассмотрим основные реализации ПКС согласно Р.Л.Смелянского [5].

2.1. Аппаратная реализация (Openflow switch)

Чтобы использовать ПКС в её классическом виде, соединение физических устройств должно производиться через ПКС коммутатор (Openflow switch), в сети имеется ПКС-контроллер.

2.2. Реализация ПКС-управления на базе виртуальных коммутаторов по технологии Overlay

Это самая распространенная реализация, главным образом применяемая для централизованного управления виртуальными коммутаторами внутри виртуальных локальных сетей NFV.

2.3. Реализация ПКС-управления на базе серверов агрегации трафика

Предполагает выделение специального сервера (агрегации трафика/оркестратор), на который с помощью «туннелей» заводятся каналы передачи данных. Внутри этого сервера данные обрабатываются под управлением ПКС-контроллера.

3. Выводы

Проанализировав ситуацию с ПКС сетями, получилось сформулировать 4 причины, мешающие активному применению ПКС на практике:

1) высокая цена (независимость от оборудования и несвободного программного обеспечения пока невозможно);

2) отсутствие стандартов и спецификаций, обеспечивающих единый подход к построению архитектуры ПКС (проблемы с кадрами);

3) появление единой точки отказа (в том числе, человеческий фактор), а при резервировании местами теряется смысл в централизации;

4) закрытость и недоработанность продуктов ПКС.

Но при всем этом ПКС имеет ряд преимуществ и продолжает развиваться, что важно конечному потребителю, так как это инструмент для более легкого решения проблем управления сетями.

Литература

1. Малахов С.В., Тарасов В.Н. Экспериментальные исследования производительности сегмента программно-конфигурируемой сети // Интеллект. Инновации. Инвестиции. 2013. № 2. С. 81–85.
2. Локтионов О.В. Анализ концепции программно-конфигурируемых сетей как способа построения современной региональной сети связи МВД России // Информационные технологии, связь и защита информации МВД России – 2016. М.: Информационный мост, 2016. С. 81.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 7498-1-99. Информационная технология. Взаимосвязь открытых систем.
4. Nadeau T.D., Gray K. SDN: Software Defined Networks. O-Reilly, 2013. P. 10–25.
5. Смелянский Р.Л. Технологии SDN и NFV: новые возможности для телекоммуникаций // Вестник связи. 2014. № 1. С. 43–47.

УДК 004.422.81

В.В. Журавлёв

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ, РЕАЛИЗУЮЩЕЕ ВЫЯВЛЕНИЕ ОБЩЕСТВЕННОГО МНЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДСМ-СИСТЕМ

Общественное мнение в политической сфере получает особое звучание поскольку оно представляет реальную силу, игнорировать которую несообразно с правилами государственной мудрости. Для общего государственного права, отмечал в прошлом веке Гольцендорф, изучение общественного мнения важно настолько, насколько прочность и неизменность государственных норм и законов находится в зависимости от известного отношения к ним общественного мнения [1, с. 6–7]. Заинтересованность в получении достоверных сведений об общественном мнении – это задача, которая находится на особом государственном положении. В настоящее время ее решают с помощью прямых

опросов респондентов. В тоже время существует ДСМ-метод, способный предоставить более точные сведения при правильном применении [2].

До настоящего времени Web-приложений, способных выявлению общественного мнения, не разработано. Мое решение основывается на данных (комментариях, высказываниях и т. д.), оставляемыми пользователями в социальных сетях. Специально разработанный сетевой паук обходит социальные сети и коллекционирует данные пользователей для дальнейшей работы над ними в ДСМ-системах.

Литература

1. *Герасимов В.М.* Общественное мнение в зеркале политической психологии. М.: Луч, 1994.
2. *Михеенкова М. А.* О логических средствах интеллектуального анализа социологических данных // Искусственный интеллект и принятие решений. 2010. № 1. С. 21–22.

УДК 004

Д.Ю. Ангальд

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

РАЗРАБОТКА БИБЛИОТЕКИ ДЛЯ РАБОТЫ С ВЕБ-ТАБЛИЦАМИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ НА ВЕБ-СОКЕТАХ

Для отображения данных в виде таблиц в браузерах используются два способа. При первом варианте генерация таблицы происходит на серверной части оборудования. При втором же данные передаются на клиентскую часть и с помощью фреймворков или более простых библиотек происходит построение таблиц.

Для передачи данных с сервера на клиент в основном используются REST/API или PURPOSE/API. Но в последнее время большой популярностью пользуются Websocket технология. Эта технология позволяет снизить нагрузку на сеть и увеличить скорость передачи данных. Увеличение скорости происходит в связи с тем что у клиента пропадает необходимость опрашивать сервер о новых изменениях, он сам уведомит клиента когда произошли изменения.

Целью данной работы является разработка конкурентоспособной, многофункциональной, веб-библиотеки для работы с таблицами на веб сокетах. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Составить список возможностей которые должна предоставлять библиотека, включить главные:

- многоуровневая сортировка по столбцам;
- многоуровневая фильтрация по столбцам;
- горизонтальное расширение таблицы;
- настройка отображаемых столбцов;
- настройка количества строк;
- пагинация;
- интерактивная настройка таблицы;
- настройка стилей оформления;
- получение данных и обновления через веб-сокеты.

2. Спроектировать архитектуры библиотеки, предусмотреть расширение.

3. Провести сравнительный анализ разработанной библиотеки с её аналогами.

Для оптимизации, на клиентской части, данные хранятся в виде двумерного массива. В конфигурационных файлах находится словарь сопоставлений с массивом данных. В данном словаре хранятся настройки каждого столбца: тип данных, имя столбца для отображения, имя столбца, отображать ли столбец, функции фильтрации и сортировки. Для сортировки и фильтрации данных создано два отображения, хранящих индексы строк массива с данными. Так как фильтрация это линейная функция, то применяется сначала данная функция, затем выполняется сортировка. Для фильтрации создан массив в который при необхо-

димости фильтрации помещаются объекты с настройками фильтрации. В связи с тем, что в зависимости от типа данных, данные могут по разному сортироваться, созданы функции сортировки, они задаются в конфигурациях таблицы. Библиотека имеет реализацию сортировок по времени где формат времени задается паттерном. При необходимости можно задать свою функцию сортировки. Тоже дело состоит и с фильтрацией [1].

Для работы с HTML5 кодом используется фреймворк jQuery. Таблица генерируется динамически. Для повышения быстродействия ссылки на объекты таблицы хранятся в локальной переменной, это позволяет обновлять данные в таблицах не изменяя DOM дерево. Стилиевые компоненты не используют дополнительных фреймворков [2].

Литература

1. Крокфорд Д. JavaScript: сильные стороны. СПб.: Питер, 2012. 176 с.
2. Официальная документация по работе с jQuery. URL: <http://api.jquery.com> (дата обращения: 19.10.2017).

УДК 004.932.4

Д.Е. Первишко

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

СОЗДАНИЕ БИБЛИОТЕКИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРИЛОЖЕНИЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФОТОГРАФИЙ ПРИ ПОМОЩИ КАРТ КОХОНЕНА НА CUDA

Предварительная обработка (предобработка) данных в последнее время получило широкое распространение в системах технического зрения. Предобработка позволяет существенно повысить точность распознавания образов. Пропущенные пиксели могут возникать во время съемки либо передачи информации.

Возникновение пропущенных пикселей может носить случайный либо статический характер. Случайные помехи возникают на отдельных снимках и характеризуются слабой повторяемостью. Устранение случайных пропущенных пиксели производится с помощью фильтрации изображений. Под фильтрацией понимается преобразование, которое позволяет усилить воспроизведение отдельных объектов и подавить воспроизведение других. Однако, кроме случайных помех, часто встречаются статические испорченные пиксели, возникающие вследствие недостатков аппаратной части систем технического зрения, например, выгорания отдельных пиксели ПЗС матрицы, испорченные ячейки памяти устройств хранения информации и т. д. Для этого случая применение фильтров не дает хороших результатов, так как повреждения могут носить блочный характер, вследствие чего повреждения будут обладать высокой интенсивностью и фильтры вместо подавления будут их усиливать [1].

Задача восстановления фотографий на основе карт Кохонена показывает лучший результат, но имеет проблемы с производительностью [1]. Вычисления на видеокартах гораздо эффективней, чем на процессорах, о чем свидетельствует график [2]. Поэтому имеет смысл реализовать распараллеленный вариант работы алгоритма на CUDA. Целью работы является создание API, которое будет представлять 2 интерфейса: интерфейс карты Кохонена и интерфейс алгоритма восстановления фотографии. Интерфейс для работы с картой Кохонена, которое будет предоставлять возможность настройки параметров обучения, размеров нейрона, метрики и функции обучения нейронов карты. И интерфейс для настройки алгоритма восстановления.

Литература

1. *Ларионов И.Б.* Алгоритмы предварительной обработки графических объектов со статическими пропусками в системах технического зрения. Омск, 2011.
2. CUDA C Programming Guide. URL: http://docs.nvidia.com/cuda/pdf/CUDA_C_Programming_Guide.pdf.

Т.А. Дейнеко

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

РАЗВИТИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СЕРВИСОВ ДЛЯ АБИТУРИЕНТОВ ОмГУ

В соответствии с Законом об образовании РФ, абитуриент имеет право подавать документы одновременно не более чем в пять вузов, выбирая не более трёх направлений обучения в каждом. Абитуриенты должны иметь возможность подавать заявление в вуз в электронном виде. В связи с отсутствием в России единой информационной системы, обеспечивающей прием в учебные заведения, каждая образовательная организация решает задачу автоматизированного приема абитуриентов самостоятельно, используя готовые решения или собственные разработки.

В Омском государственном университете имеется богатый опыт разработки и внедрения информационной системы для приема абитуриентов. В 2014 году начато создание новой информационной системы [2], основанной на web-технологиях, взамен успешно проработавшей с 2000 года и внедренной в нескольких вузах информационно-аналитической системы «Абитуриент» [3]. Однако, электронные сервисы для абитуриентов, содержащие в том числе и сервис дистанционной подачи документов в вуз, всегда разрабатывались как отдельные web-приложения, взаимодействующие с системой приема [2; 4]. Обмен информацией происходит в обе стороны: от сервисов в информационную систему (для передачи данных о поданных заявлениях) и наоборот (для публикации индивидуальной конкурсной ситуации абитуриента)

На данный момент реализованы следующие электронные сервисы:

1. Больше ЕГЭ – больше возможностей.
2. Что сдать, чтобы поступить.
3. Дистанционная подача документов в вуз.

4. Индивидуальная конкурсная ситуация.

Первые два сервиса доступны любому посетителю портала (без авторизации). Для работы с сервисом дистанционной подачи документов обязательна регистрация личного кабинета. Индивидуальная конкурсная ситуация доступна в личном кабинете зарегистрированным пользователям, а у неавторизованных запрашивает дополнительные параметры для получения результата работы.

Электронные сервисы для абитуриентов Омского государственного университета успешно эксплуатируются на протяжении многих лет, ежегодно модифицируются под изменяющиеся Порядок и Правила приема, расширяются за счет нового функционала. Статистика последних лет фиксирует неизменный интерес к сервисам: только зарегистрированных пользователей появляется ежегодно около тысячи человек. В 2017 году, еще до окончания приемной кампании текущего года, база данных пополнилась 1130 новыми пользователями.

В ближайшее время планируется развивать электронные услуги для абитуриентов в части разработки приложений для мобильных устройств.

В условиях жесткой конкуренции учебных заведений и снижения общего количества плана приема вузы ведут активную борьбу за потребителя. Наличие интерактивных специализированных сервисов становится необходимым условием для привлечения в вузы абитуриентов не только собственного и соседнего регионов, но и ближнего зарубежья, что подтверждается успешным опытом эксплуатации электронных сервисов для абитуриентов ОмГУ в течение нескольких лет.

Литература

1. А.с. 2003611045 РФ, Роспатент. Информационно-аналитическая система «Абитуриент» (ИАС «Абитуриент») / Горнева И.С., Епанчинцева О.Л., Захаров А.М., Картешкина Е.В., Костюшина Е.А., Погромская Т.А., Рапаева И.А., Сергеева Т.И. (RU). №2003610757: Заяв. 07.04.2003; Оpubл. 30.04.2003, Бюл. №3(44). С. 98.
2. *Епанчинцева О.Л., Погромская Т.А.* Портал «Электронная приемная комиссия ОмГУ» // Вестник Воронежского университета. 2004. № 2. С. 44–49.

3. Погромская Т.А. Разработка в ОмГУ новой информационной системы приема в вуз // Математические структуры и моделирование. 2016. № 4 (40). С. 116–121.
4. Погромская Т.А. Электронные сервисы для абитуриентов ОмГУ // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2017. № 1. С. 87–95.

УДК 004.932.2

С.Б. Ларионов

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

АЛГОРИТМ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ БЕЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДРУГИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Задача сегментации изображения может быть сведена к кластеризации множества точек изображения. Для решения задачи кластеризации может быть использован многослойный перцептрон [1] и другие виды нейронных сетей [2–4]. Однако большинство алгоритмов носит специализированный характер и направлено на изображения определённого типа в связи со сложностью формирования обучающего набора для нейронной сети, для которого требуется большое количество схожих изображений.

В работе представлен алгоритм сегментации изображения с использованием нейронной сети. В качестве базового алгоритма сегментации был выбран метод наращивания областей. Нейросеть служит для определения принадлежности двух пикселей одной области. В качестве цветовой модели была использована модель RGB. В качестве нейросети используется трёхслойный перцептрон. В первом слое 6 нейронов: по три нейрона на каждую цветовую составляющую двух пикселей. В выходном слое 2 нейрона, которые показывают принадлежат ли пиксели на

входе одному сегменту. Оптимальное количество нейронов в среднем слое было определено экспериментальным путём и равно 50. Таким образом на вход нейросети подаются значения цветовых компонент RGB двух пикселей и если значение первого выхода нейросети больше значение второго, то делается вывод о том что пиксели принадлежат одному сегменту, иначе пиксели принадлежат разным сегментам.

Для формирования обучающего набора используется импульсный шум. В качестве генератора шума используется линейный конгруэнтный генератор псевдослучайных чисел. Он используется как для получения координат зашумлённых пикселей, так и для формирования их цвета. Изображение зашумляется на 10 %. Ради максимизации различия нового цвета зашумлённого пикселя от старого цвета, для формирования нового цвета используется следующее выражение: $c \geq 128 \rightarrow [0, 128)$, $c < 128 \rightarrow [128, 255]$, где c – значение цветовой компоненты зашумляемого пикселя. Обучающий набор формируется таким образом, что если подать на вход нейросети комбинацию любых двух пикселей соседствующих с зашумлённым, то они будут считаться принадлежащими одному сегмента, но если подать на вход нейросети комбинацию зашумлённого пикселя и любого его ближайшего соседа, то эти пиксели будут считаться принадлежащими разным сегментам.

В ходе работы был проведён компьютерный эксперимент который визуально показал эффективность работы представленного алгоритма. Алгоритм может работать как в интерактивном, так и в автоматическом режимах. Алгоритм устойчив к импульсному шуму, так как выделяет зашумлённые пиксели в отдельные сегменты.

Литература

1. *Kuntimad G., Ranganath H.S.* Perfect image segmentation using pulse coupled neural net-works // IEEE Transactions on Neural Networks. 1999. Vol. 10, № 3. P. 591–597.
2. *Xu B., Lin S.* Automatic Color Identification in Printed Fabric Images by a Fuzzy Neural Network // Computer Journal of AATICC Review. 2002. Vol. 2, № 9. P. 42–45.

3. Yao K., Mignotte M., Collet C., Galerne P., Burel G. Unsupervised Segmentation Using a Self Organizing Map and a NoiseModel Estimation in Sonar Imagery // Computer Journal of Pattern Recognition Letters. 2000. Vol. 33, № 9. P. 1575–1584.
4. Aria E., Saradjian M., Amini J., Lucas C. Generalized Cooccurrence Matrix to Classify IRS-1d Images Using Neural Networks // Proceedings of ISPRS Congress (Turkey, 2004). P. 117–123.

УДК 004.932

С.В. Белим, П.Г. Черепанов

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

УСТОЙЧИВЫЙ АЛГОРИТМ ВСТРАИВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ В ВИДЕОПОТОК

Задача встраивания цифровых водяных знаков в видеопоток активно решается последние двадцать лет в основном в связи с проблемой выявления фактов несанкционированного копирования информации. В данной статье предложен подход к встраиванию цифровых водяных знаков, основанный на трехмерном дискретном косинусном преобразовании и использовании цифровой голограммы цифрового водяного знака. В качестве цифрового водяного знака используется монохромное изображение. Основная цель предложенного метода в повышении устойчивости системы к импульсному шуму и атаке потери кадров.

Для встраивания использовался трехмерный метод, основанный на двухмерном методе Коха и Жао [1]. Встраивание осуществлялось в канал одного цвета. В результате исследования был предложен следующий алгоритм:

1. Разобьём исходный видеопоток на блоки из N кадров.
2. Разобьём каждый блок на подблоки размером $N \times N \times N$ пикселей.

3. Вычислим матрицу дискретных косинусных коэффициентов для каждого подблока, то есть применить следующее выражения для каждого подблока:

$$f_{\nu, \nu, \kappa}^i = \left(\zeta(\nu) \cdot \zeta(\nu) \cdot \zeta(\kappa) / \sqrt{\frac{8}{N^3}} \right) \times \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} \sum_{z=0}^{N-1} f_{x,y,z}^i \times \\ \cos\left(\frac{\pi \cdot \nu \cdot (2 \cdot x + 1)}{2 \cdot N}\right) \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot \nu \cdot (2 \cdot y + 1)}{2 \cdot N}\right) \cdot \\ \cos\left(\frac{\pi \cdot \kappa \cdot (2 \cdot z + 1)}{2 \cdot N}\right)$$

где ν , ν , κ – позиция коэффициента в новой матрице.

4. Выберем две точки из области среднечастотных компонент, т. е. точки лежащий вдоль второстепенной диагонали $(0,0,N) - (N,N,0)$.

5. Определим оптимальную величину порога P , минимизирующую влияние на исходный видеопоток и максимизирующую надежность встраиваемого водяного знака.

6. Последовательно построим каждый бит цифрового водяного знака в соответствующий подблок дискретных косинусных коэффициентов согласно следующим формулам:

$$\tilde{f}_{\nu_1, \nu_1, \kappa_1}^i = Z_1^i(\nu_1, \nu_1, \kappa_1) \cdot \tilde{\omega}_1^i(\nu_1, \nu_1, \kappa_1) \\ \tilde{f}_{\nu_2, \nu_2, \kappa_2}^i = Z_2^i(\nu_2, \nu_2, \kappa_2) \cdot \tilde{\omega}_2^i(\nu_2, \nu_2, \kappa_2)$$

где

$$\tilde{\omega}_1^i(\nu_1, \nu_1, \kappa_1) = \begin{cases} P + \omega_2^i(\nu_2, \nu_2, \kappa_2) + 1, & \text{если } (\omega_1 - \omega_2) \leq P \text{ и } m_i = 0 \\ \omega_1^i(\nu_1, \nu_1, \kappa_1), & \text{если } (\omega_1 - \omega_2) > P \text{ и } m_i = 1 \end{cases} \\ \tilde{\omega}_2^i(\nu_2, \nu_2, \kappa_2) = \begin{cases} P + \omega_1^i(\nu_1, \nu_1, \kappa_1) + 1, & \text{если } (\omega_1 - \omega_2) \geq P \text{ и } m_i = 1 \\ \omega_2^i(\nu_2, \nu_2, \kappa_2), & \text{если } (\omega_1 - \omega_2) < P \text{ и } m_i = 0 \end{cases}$$

где

$$Z_1^i(v_1, v_1, \kappa_1) = \begin{cases} -1, & \text{если } f_{v_1, v_1, \kappa_1}^i < 0 \\ 1, & \text{если } f_{v_1, v_1, \kappa_1}^i \geq 0 \end{cases}$$

$$Z_2^i(v_2, v_2, \kappa_2) = \begin{cases} -1, & \text{если } f_{v_2, v_2, \kappa_2}^i < 0 \\ 1, & \text{если } f_{v_2, v_2, \kappa_2}^i \geq 0 \end{cases}$$

$$\omega_1^i(v_1, v_1, \kappa_1) = \left| f_{v_1, v_1, \kappa_1}^i \right|$$

$$\omega_2^i(v_2, v_2, \kappa_2) = \left| f_{v_2, v_2, \kappa_2}^i \right|$$

7. Применим к каждому из подблоков коэффициентов дискретного косинусного преобразования обратное преобразование;

8. Соберем из полученных подблоков блоки из N кадров.

9. Соберем видеопоток из полученных блоков.

Для повышения устойчивости цифрового водяного знака к модификации потока предлагается встраивать не сам цифровой водяной знак, а его голограмму, так как голограмма обладает возможностью восстановить исходное изображение по любой части голограммы, но с некоторыми потерями [2]. Для построения голограммы был предложен следующий алгоритм:

1. Положим интенсивность опорного луча света в каждой точке голограммы равной половине исходной интенсивности, т. е. 128.

2. Возьмем длину волны источника света.

3. Вычислим для каждой точки голограммы интенсивность объектного света, т.е. вычислим значение следующей функции для каждой из точек изображения:

$$\varepsilon_{o\bar{o}}(\bar{x}, \bar{y}) = \sum_{x=0}^N \sum_{y=0}^N I(x, y) \times 3 \times \cos \frac{d}{\lambda}$$

4. Сложим для каждой точки голограммы полученную интенсивность объектного света с интенсивностью опорного света.

Было проведено исследование с целью протестировать устойчивость цифровых водяных знаков, встроенных с помощью предложенного метода, к преднамеренным искажениям видеопотока посредством импульсного шума, а так же атаки потери кадров. Полученные в результате экспериментов данные показывают, что предложенный метод, позволяет обеспечить большую

надежность водяного знака, сохраняя при этом аналогичную меру скрытности, что позволяет использовать его в широком диапазоне задач отслеживания транзакций.

Литература

1. Koch E., Zhao J. Towards robust and hidden image copyright label-ing // IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing. 1995. P. 452–455.
2. Smirnov M.V. Holographic approach to embedding hidden watermarks in a photographic image // Journal of Optical Technology. 2005. Vol. 72, Iss. 6. P. 464–468. DOI: 10.1364/JOT.72.000464.

УДК 004.932

А.Н. Мироненко

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ПРИМЕНЕНИЕ СХЕМЫ РАЗДЕЛЕНИЯ СЕКРЕТА В СТЕГАНОГРАФИИ

Одной из проблем стеганографии является восстановление встроенной информации при повреждении стегоконтейнера. Если в качестве контейнера используется изображение, т. е. файл с расширением jpg, bmp и т. п., то очевидным является перед извлечением скрытого сообщения применить к стегоконтейнеру какого-либо из методов восстановления изображений, а затем уже извлекать сообщение. Но что делать, если данный подход не работает?

В работе предлагается применить схему разделения секрета [1] совместно со стеганографическим методом. Предлагаемый подход можно представить следующей блок-схемой (рис.).

Для встраивания секрета изображение-контейнер предварительно разбивается на n долей согласно выбранной (t, n) -пороговой схеме или схеме разделения секрета, далее каждая из частей будет рассматриваться как самостоятельной контейнер. В

каждый из получившихся n контейнеров происходит вставка долей секрета методом замены наименее значащего бита (Least Significant Bits – LSB) [2]. После окончания процедуры встраивания, изображение-контейнер восстанавливается из n частей, уже содержащих доли секрета.

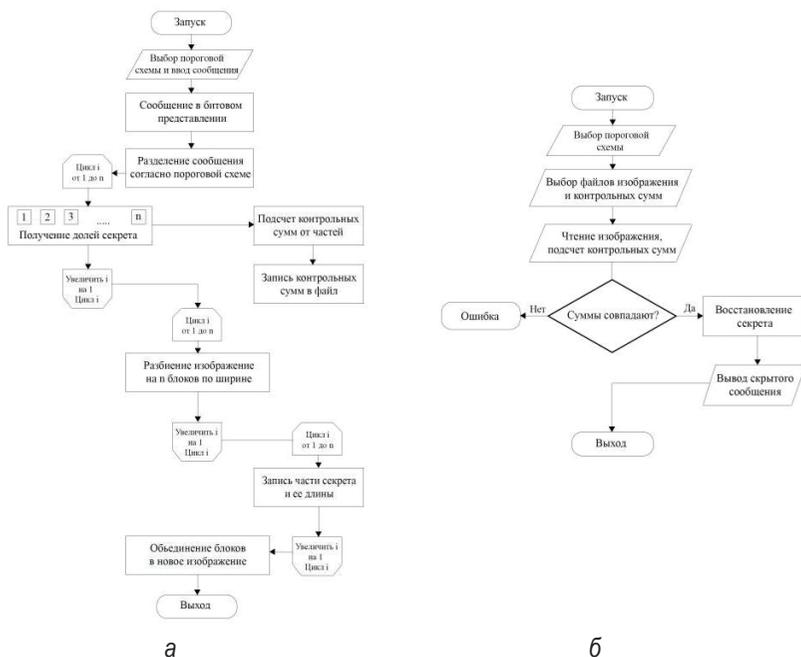


Рис. 1. Блок-схемы работы метода:
 а – встраивания секрета; б – восстановления секрета

Идея метода объединения стеганографии со схемой разделения секрета заключается в том, что при повреждении контейнера на $n-t$ частей, где $t \leq n$ и n – это общее количество долей секрета, а t – минимально необходимое количество долей секрета для его успешного восстановления, секрет может быть успешно восстановлен.

Литература

1. Шнайер Б. Прикладная криптография: Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си: пер. с англ. М.: Триумф, 2003. 815 с.
2. Васина Т.С. Обзор современных алгоритмов стеганографии // Наука и Образование. 2012. № 4.

УДК 004.056.53

Ю.С. Ракицкий

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

СУБЪЕКТНО-ОБЪЕКТНЫЕ МОДЕЛИ В ПРОГРАММНО-КОНФИГУРИРУЕМЫХ СЕТЯХ

Программно-конфигурируемые сети являются относительно новой технологией в области вычислительных сетей. Поэтому механизмы обеспечения безопасности и разграничения прав доступа постоянно исследуются и могут видоизменяться.

Основной инструмент в программно конфигурируемых сетях – протокол OpenFlow. Данный протокол реализует механизмы взаимодействия между контроллером программно конфигурируемой сети и конечными сетевыми устройствами, отвечающими за непосредственную работу с сетевым трафиком. При этом политики безопасности, используемые в программно-конфигурируемых сетях основаны на механизме «match/action», задающим действие, которое совершит сеть с набором пакетов, обладающих определенными характеристиками. Недостатком таких политик является низкий уровень абстракции на сетевых устройствах.

Выделим множества субъектов, объектов, набор прав доступа и множество элементарных операций. Тогда существует возможность перенести эти множества на известные модели безопасности. За основу была выбрана модель HRU.

Субъектами в программно-конфигурируемых сетях будем считать приложения, запущенные на контроллере. Объектами в компьютерных системах являются пассивные сущности. В случае программно конфигурируемых сетей примерами объектов являются таблицы потоков, порты коммутаторов, а также сами приложения, поскольку в модели HRU субъекты являются подмножеством множества объектов.

В качестве прав доступа выделим чтение статистики об объекте, чтение таблиц потоков (чтение), изменение таблицы потоков (запись) и запуск по событию на объекте (исполнение). Можно задать соответствие между управляющими сообщениями протокола OpenFlow и выделенными правами доступа:

1. `OFF_SET_CONFIG` – изменение таблицы потоков.
2. `OFF_PACKET_IN` – чтение таблицы потоков.
3. `OFF_SET_ASYNC` – чтение статистики об объекте.
4. `OFF_PORT_STATUS` – запуск по событию на объекте.

Пространство состояний системы описывается декартовым произведением множеств объектов, субъектов и прав доступа: $O \times S \times R$. Текущее состояние системы определяется как $Q = (S, Q, M)$, где M – матрица доступов, $M[s, o]$ – ячейка матрицы, содержит набор прав доступа субъекта к объекту.

Команды являются монооперационными, поскольку уровень приложений в направлении уровня передачи данных не создает процессов и файлов. В этом случае выполняется критерий безопасности модели HRU.

Литература

1. *Uppal H., Brandon D.* OpenFlow Based Load Balancing. University of Washington, 2010. 77 p.
2. Спецификация: OpenFlow Switch Specification version 1.3.2. 2013. 56 с.
3. *Копт С.С.* Теоретические основы защиты информации. Гелиос АРВ, 2004. 104 с.

С.В. Белим, Д.Э. Вильховский

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ВЫЯВЛЕНИЕ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИХ ВСТАВОК ТИПА LSB-ЗАМЕЩЕНИЯ В РАСТРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Наиболее известным методом встраивания стеганографических вставок на сегодняшний день является подмена наименее значащих бит (LSB-замещение) [1]. Данный метод основан на том, что замена от одного до четырех младших бит в байтах цветового представления пикселей изображения остаётся практически незаметной для человеческого глаза. Наибольшей возможностью для скрытия информации обладает синяя компонента, что обусловлено строением сетчатки глаза. На сегодняшний день разработано достаточно много алгоритмов встраивания информации в изображения, аудио- и видеопотоки, однако метод LSB-замещения, являясь исторически первым, имеет широкое распространение. Все методы скрытия информации ориентированы на такое преобразование изображения, которое не заметно визуально. В связи с чем актуальной является задача построения алгоритмов анализа изображений на наличие стеганографических вставок.

Применим метод анализа иерархий для принятия решения о подмене бита. Для этого необходимо сформулировать альтернативные решения, из которых осуществляется выбор, а также критерии для анализа альтернатив. Необходимо выявить пиксели, в которых произошла подмена младшего бита. Поэтому возможно только одно из двух решений, обозначаемых в дальнейшем либо Y , если в данном пикселе осуществлена подмена младшего бита, либо N , если пиксель не изменялся.

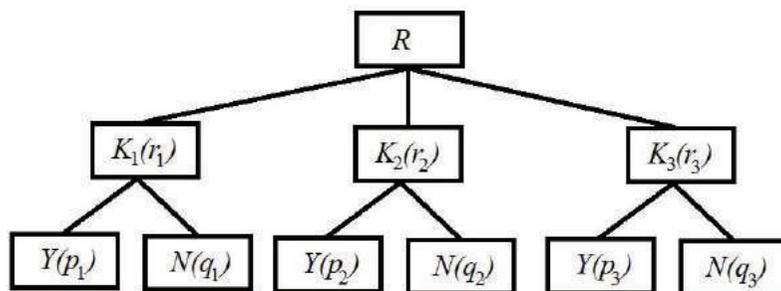
Сначала построим систему выявления подмены битов на основе анализа нулевого слоя. Для этого осуществим последовательный проход по всем битам нулевого слоя и осуществим анализ ближайших соседей каждого из них. Выделим три критерия.

K_1 – соседние по сторонам биты имеют то же значение, что и анализируемый или отличное от него.

K_2 – соседние по углам биты имеют то же значение, что и анализируемый или отличное от него.

K_3 – отклонение значения бита от среднего значения окружающих восьми битов.

Первые два критерия позволяют выявлять протяженные области изображения одного цвета. Третий критерий необходим для выявления областей с градиентной заливкой. Таким образом получаем двухуровневое иерархическое дерево альтернатив, изображенное на рисунке. Окончательное решение обозначено через R .



Иерархия критериев для определения подмены бита из анализа нулевого слоя

Таким образом, предложенный алгоритм выявления стеганографических вставок позволяет с высокой вероятностью детектировать наличие сообщения, встроенного методом подмены наименее значащих битов. Для искусственных изображений с равномерной и градиентной заливкой предложенный алгоритм позволяет выявлять в среднем 91 % подмененных битов, тогда как ложные срабатывания составляют не более 1 %. При этом визуализация матрицы решений позволяет с высокой точностью определить положение и размеры области встраивания сообщения. Для фотографических изображений предложенный алгоритм верно выделяет в среднем 89 % пикселей с замененным младшим битом, при

этом ложные срабатывания в среднем составляют 37 %. Положение встроенных битов может быть определено на основе сравнения матрицы решений с исходным изображением.

Литература

1. *Adelson E.* Digital Signal Encoding and Decoding Apparatus. U.S. Patent. No. 4,939,515 (1990).
2. *Provost N., Honeyman P.* Detecting steganographic content on the internet // Technical Report CITI 01-1a, University of Michigan, 2001.
3. *Westfeld A., Pfitzmann A.* Attacks on Steganographic Systems: Breaking the Steganographic Utilities EzStego, Jsteg, Steganos and STools and Some Lessons Learned // 3rd International Workshop on Information Hiding. 2000.
4. *Алиев А.Т.* О применении стеганографического метода LSB к графическим файлам с большими областями монотонной заливки // Вестник ДГТУ. 2004. Т. 4, № 4 (22). С. 454–460.
5. *Барсуков В.С., Романцов А.П.* Оценка уровня скрытности мультимедийных стеганографических каналов хранения и передачи информации // Специальная Техника. 2000. № 1.

Научное издание

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Сборник материалов
V Международной научной конференции,
посвященной памяти Р.Л. Долганова

(Омск, 1 декабря 2017 г.)

*Издается в авторской редакции в соответствии с макетом,
предоставленным оргкомитетом.
Макет подготовлен при участии Издательства ОмГУ*

Подписано в печать 20.11.2017. Формат бумаги 60x84 1/16.
Печ. л. 11,6. Усл. печ. л. 10,8. Уч. изд. л. 10,0. Тираж 100 экз. Заказ 158.

*Издательство Омского государственного университета
644077, Омск-77, пр. Мира, 55а
Отпечатано на полиграфической базе издательства ОмГУ
644077, Омск-77, пр. Мира, 55а*