

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Сборник материалов
Международной научной конференции

(Омск, 21 ноября 2014 г.)



2014

УДК 004.414.23
ББК 22.18я43+32.973.26–018.1я43
М340

*Рекомендовано к изданию
редакционно-издательским советом ОмГУ*

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

М340 Математическое и компьютерное моделирование : сборник материалов Международной научной конференции (Омск, 21 ноября 2014 г.). – Омск : Изд-во Ом. гос. ун-та, 2014. – 96 с.

ISBN 978-5-7779-1784-3

В настоящий сборник включены материалы (аннотации, тезисы) докладов, сделанных на Международной научной конференции «Математическое и компьютерное моделирование», которая состоялась на факультете компьютерных наук ОмГУ им. Ф.М. Достоевского 21 ноября 2014 г. при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 14-01-205110).

С полными текстами статей можно ознакомиться в журнале «Математические структуры и моделирование», № 4 (32), 2014 г.

**УДК 004.414.23
ББК 22.18я43+32.973.26–018.1я43**

ISBN 978-5-7779-1784-3

© Оформление. ФГБОУ ВПО «ОмГУ
им. Ф.М. Достоевского», 2014

Содержание

Секция «Моделирование»

<i>Голубятников В.П.</i> Гомотопические свойства фазовых портретов кинетических моделей генных сетей	7
<i>Казанцев М.В.</i> Анализ некоторых методов моделирования генных сетей с использованием языка R	8
<i>Пуртов А.М.</i> Использование компьютерных технологий и математических методов для анализа автотранспортных сетей	11
<i>Кинько В.М.</i> Моделирование транспортных сетей с помощью раскрашенных взвешенных сетей Петри	13
<i>Бухонин И.И. (Казахстан)</i> Моделирование социо-информационных процессов реально-виртуальной лаборатории посредством задачи о назначениях	16
<i>Воловоденко В.А., Ефремова Н.А., Ефремов В.И.</i> Марковские процессы в моделировании эволюции геофизических полей	17
<i>Рабинович Е.В., Ганчин К.С., Пупышев И.М., Шефель Г.С.</i> Модель сейсмического импульса, возникающего при гидравлическом разрыве пласта	19
<i>Рабинович Е.В., Вайнмастер П.И.</i> Построение трехмерной модели трещины, возникающей при гидравлическом разрыве пласта	21
<i>Гуц А.К., Володченкова Л.А.</i> Теоретико-катастрофическая модель взаимосвязи «растительность-почва» в лесных экосистемах	23
<i>Володченкова Л.А.</i> Модель плодородия почвы с точки зрения катастрофы «сборка»	25
<i>Андиева Е.Ю.</i> К вопросу о практическом применении положений реинжиниринга	27
<i>Нартов Б.К.</i> Метод фиктивных потоков в моделях переброски ресурсов	29
<i>Пякилля Б.И.</i> Идентификация математической модели робототехнической системы	31

<i>Rozanova L.V., Temerev A.Y., Myakisheva E.V. (Дания, Швейцария)</i> On applications of Lennard-Jones potential as a social force for crowd behavior modeling	33
<i>Marenko V.A., Luchko O.N.</i> Cognitive modelling application for social tension study	34

Секция «Кибернетика»

<i>Лебедев Ю.А.</i> Модель бесконечномерного мультисобытийного пространства-времени Минковского и физический смысл эвереттических ветвлений и склеек	38
<i>Никитин А.И. (Беларусь)</i> Отсутствие глобальных решений начально-краевых задач для систем полулинейных параболических уравнений с нелинейными нелокальными граничными условиями	40
<i>Трубников Ю.В., Орехова И.А. (Беларусь)</i> О построении нового класса квадратурных формул	41
<i>Романов А.Н.</i> Гомеоморфизмы, сохраняющие причинность	42
<i>Ланина С.Ю., Еремина В.В., Косолапова О.С.</i> Модифицированные формулы оптического показателя преломления	44
<i>Гольяпин В.В.</i> Вероятностный метод формирования симптомокомплексов	45
<i>Филимонов В.А.</i> От кибернетоса к кибернетикосу: о мастерстве управления системами	47
<i>Шовин В.А.</i> Факторное моделирование с помощью нейронной сети	49
<i>Куликова О.М.</i> Сценарное стратегическое планирование: математическая постановка задачи и алгоритм построения	50
<i>Федорова Е.И.</i> Планирование подготовки к ЕГЭ по математике на занятиях в образовательных организациях	52
<i>Prohozhiy S.A. (Беларусь)</i> On the vanishing of solutions of some quasilinear equations	55
<i>Rivera B., Zapata F., Kreinovich V. (США)</i> Granularity explains empirical factor-of-three relation between probabilities of pulmonary embolism in different patient categories	56

<i>Lorkowski J., Kreinovich V. (США)</i> How to gauge unknown unknowns: a possible theoretical explanation of the usual safety factor of 2.....	58
<i>Kosheleva O. (США)</i> How to make elementary geometry more robust and thus, more practical: general algorithms	60

Секция

«Компьютерные технологии и сети»

<i>Верзунов С.Н., Лыченко Н.М. (Кыргызстан)</i> Разработка автоматизированной системы для анализа геомагнитных вариаций на основе вейвлет-технологий	63
<i>Гуляева А.Л. (Казахстан)</i> Разработка информационно-управляющей системы поддержки и сопровождения научно-исследовательской работы вуза	65
<i>Козак Е.А., Шевчук Е.В. (Казахстан)</i> Применение мобильных технологий в учебном процессе вуза	66
<i>Астапенко Н.В., Моложенко Е.С. (Казахстан)</i> Разработка системы поддержки принятия решений отдела экологической экспертизы ГУ «Департамент природных ресурсов СКО»	67
<i>Астапенко Н.В., Носов А.А. (Казахстан)</i> Разработка web-приложения «Мероприятия» для сайта кафедры ИС	68
<i>Астапенко Н.В., Повельев А.В. (Казахстан)</i> Разработка web-приложения «Кураторство» для сайта кафедры ИС	68
<i>Астапенко Н.В., Тарасов С.В. (Казахстан)</i> Разработка сайта для поддержки организации практики в учебном процессе вуза....	69
<i>Астапенко Н.В., Шоткин Р.К. (Казахстан)</i> Разработка web-приложения «Повышение квалификации» для сайта кафедры ИС	69
<i>Бречка Д.М., Виноградов В.С.</i> Разработка автоматизированной системы хранения научных публикаций	70
<i>Гуц А.К., Дружинин А.Г.</i> Направления развития информационно-аналитического модуля долгосрочного диспансерного наблюдения пациентов, перенесших инфаркт миокарда, «ИАМ ПИКС».....	72
<i>Тюменцев Е.А.</i> Карты Шухарта как инструмент повышения надежности в акторной модели	74

Секция
«Аппаратное и программное обеспечение
компьютерного моделирования»

<i>Веденеев В.С., Бычков И.В.</i> Применение экстремального программирования в разработке научных приложений	76
<i>Нургатин А.Р.</i> Метод улучшения алгоритма Виолы–Джонса	77
<i>Корчевская Е.А., Маркова Л.В., Красоткина А.Н. (Беларусь)</i> Автоматизированная система распределенных вычислений для численного решения алгебраических задач	78
<i>Евдокимов И.Е.</i> Современные тенденции применения суперкомпьютеров в инженерном деле	79
<i>Воробьев А.Ю.</i> Предметно-ориентированный язык программирования для разработки программного обеспечения для тестирования физических устройств	81

Секция
«Информационная безопасность»

<i>Веденеев В.С., Бычков И.В.</i> Система выявления инсайдеров ...	83
<i>Москвин Д.А., Иванов Д.В.</i> Разработка и экспериментальная оценка методов защиты беспроводных самоорганизующихся сетей	84
<i>Носов Л.С.</i> Оценка защищенности СВТ путем моделирования канала ПЭМИН	85
<i>Белим С.В., Илющекин Е.А.</i> Применение семейств ортогональных функций для построения устойчивых цифровых водяных знаков	86
<i>Бречка Д.М., Исин Р.А., Шабанов М.В.</i> Программная реализация алгоритмов поиска несанкционированных доступов в модели Take-Grant	87
<i>Бречка Д.М., Пугин К.В.</i> Построение автоматизированной системы согласно требованиям класса 1Б ФСТЭК на основе Gentoo Linux	89
<i>Вахний Т.В., Гуц А.К., Кузьмин С.Ю.</i> Теоретико-игровой подход к подбору программных средств защиты информации	92

**Секция
«Моделирование»**

УДК 514.745.82

В.П. Голубятников

*Институт математики им. С.Л. Соболева СО РАН, г. Новосибирск
НВИ ВВ им. И.К. Яковлева МВД России, г. Новосибирск*

**ГОМОТОПИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФАЗОВЫХ ПОРТРЕТОВ
КИНЕТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ГЕННЫХ СЕТЕЙ**

Рассмотрим четырехмерные и пятимерные нелинейные динамические системы (био)химической кинетики, имеющие вид:

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(x_{i-1}) - x_i; \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad n = 4 \text{ или } n = 5; \quad i - 1 = n \text{ при } i = 1. \quad (1)$$

Неотрицательные величины $x_i(t)$ описывают концентрации реагирующих веществ, а функция f_i – зависимость скорости синтеза вещества номер i от концентрации вещества номер $i - 1$. Два класса таких систем моделируют функционирование некоторых типов генных сетей:

$$f_1(x) = L_1(x); \quad f_i(x) = L_i(x), \quad i = 2, \dots, n, \quad (2)$$

$$f_1(x) = L_1(x); \quad f_i(x) = \Gamma_i(x), \quad i = 2, \dots, n. \quad (3)$$

Здесь $L_1(x) = A = const > 3$ при $0 < x < 1$; $L_1(x) = 0$ при $1 < x$; $\Gamma_i(x) = 0$ при $0 < x < 1$; $\Gamma_i(x) = A_i = const > 3$ при $1 < x$. В точке $E = (1, 1, \dots, 1)$ эти пороговые функции разрывны. Такие кусочно-линейные динамические системы (био)химической кинетики моделируют функционирование некоторых генных сетей.

Параллелепипед $Q_n = [0, \max L_1] \times [0, \max f_2] \times \dots \times [0, \max f_n]$ инвариантен для систем (1), (2) и (1), (3). Пусть Δ – его диагональ.

При $n=4$ для системы (1), (3) область $Q_4 \setminus E$, гомотопически эквивалентная сфере S^3 , состоит из двух подмножеств, гомотопически эквивалентных окружности S^1 , в каждом из них есть траектории, остающиеся в нем бесконечно долго. Для системы (1), (2) в $Q_4 \setminus \Delta$ имеется цикл, и Δ является инвариантным одномерным подмногообразием.

При $n=5$ симметричная система (1), (2) имеет вне диагонали Δ куба Q_5 два цикла: $Q_5 \setminus \Delta$ состоит из двух подмножеств, гомотопически эквивалентных S^1 , и в каждом из них содержится цикл. Эта конструкция воспроизводится и для несимметричной системы (1), (3).

Подобные построения можно проделать и для многомерных аналогов таких динамических систем. Область Q_n разбивается проходящими через точку E гиперплоскостями на 2^n блоков, и с их помощью строятся содержащие циклы множества, гомотопически эквивалентные окружностям. Каждый из указанных циклов содержится в некоторой двумерной кусочно-линейной инвариантной поверхности.

УДК 519.622.2

М.В. Казанцев

*Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул*

АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГЕННЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЯЗЫКА R

Рассмотрим динамическую систему вида:

$$\dot{x}_i = f_i(x_{i-1}) - x_i, \text{ где } i \in 1..3, x_{i-1} = x_3 \text{ при } i=1. \quad (1)$$

Здесь f_i – монотонно убывающие положительно определенные гладкие функции, $\lim_{t \rightarrow \infty} f_i(t) = +0$. Такие системы часто

встречаются при описании моделей режимов функционирования генных сетей [1]. Особый интерес при изучении таких моделей

представляет поиск циклических траекторий и стационарных точек.

При выполнении определенных условий на функции f_i (система должна быть нежесткой, действительные части собственных значений системы должны быть достаточно велики по модулю) поиск устойчивых циклических траекторий может быть выполнен с использованием численных методов решения задачи Коши в системе (1). Для этого достаточно выбрать точку в бассейне притяжения устойчивого цикла и построить численное решение задачи Коши с граничным условием в этой точке. При достаточно большом времени точки этого решения должны попасть в достаточно малую трубчатую окрестность искомого цикла.

Исследовалась динамическая система (1) с функциями вида (2):

$$f_1(x_3) = h_1^2(x_3), \quad f_2(x_1) = h_2^2(x_1), \quad f_3(x_2) = h_3^2(x_2), \quad (2)$$

где h_i – функции Хилла (3):

$$h_1(x_3) = \frac{6}{1+x_3^4}, \quad h_2(x_1) = \frac{6}{4+x_1^3}, \quad h_3(x_2) = \frac{8}{1+x_2^2}. \quad (3)$$

Можно показать наличие в этой системе устойчивого цикла. Для его поиска была поставлена серия численных экспериментов по решению задачи Коши с использованием функций **adams**, **bdf**, **euler**, **lsoda**, **rk4**, **vode** пакета **deSolve** языка R. Анализировалась точность построенных решений, выраженная отношением количества точек траектории, попавших в трубчатую ε -окрестность искомого цикла, к общему числу точек траектории, а также время работы соответствующих функций в зависимости от величины шага моделирования. Для каждой из функций для некоторых ε была найдена оптимальная величина шага, то есть максимальная величина, при которой не менее заданной доли точек траектории попали в заданную трубчатую окрестность цикла.

В таблицах 1 и 2 приведены доли точек, попавших в трубчатые окрестности устойчивого цикла при $\varepsilon = 0.005$ и 0.0005 соответственно, в процентах. В таблице 3 приведено соответствую-

ющее время работы рассматриваемых функций при этих величинах шага в секундах.

Данные в таблицах 1–3 приведены для численного эксперимента по решению задачи Коши с краевым условием $x_{t=0} = (20, 15, 40)$ при моделировании на отрезке времени $t \in [0, 50]$.

Таблица 1

**Доля точек траектории
в трубчатой окрестности при $\varepsilon = 0.005$**

Шаг	0.8	0.4	0.2	0.08	0.04	0.02	0.008	0.004	0.002
adams	69.84	69.84	69.72	69.65	69.70	69.69	69.68	69.68	69.68
bfd	69.84	69.84	69.72	69.65	69.70	69.69	69.68	69.68	69.68
euler	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.11	5.22	21.26
lsoda	69.84	69.84	69.72	69.65	69.70	69.69	69.68	69.68	69.68
rk4	0.00	3.97	62.15	69.65	69.70	69.69	69.68	69.68	69.68
vode	69.84	69.84	69.72	69.49	69.70	69.69	69.68	69.68	69.68

Таблица 2

**Доля точек траектории
в трубчатой окрестности при $\varepsilon = 0.0005$**

Шаг	0.8	0.4	0.2	0.08	0.04	0.02	0.008	0.004	0.002
adams	55.56	44.44	31.87	48.08	46.28	47.14	48.07	48.08	48.08
bfd	30.16	33.33	33.07	45.05	38.21	43.22	48.02	48.08	48.08
euler	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
lsoda	28.57	30.95	36.65	43.77	51.80	47.46	48.01	48.08	48.08
rk4	0.00	0.00	2.79	41.53	48.68	48.10	48.09	48.08	48.08
vode	41.27	39.68	41.43	42.17	40.21	50.50	48.15	48.20	48.27

Таблица 3

Время работы методов

Метод	0.8	0.4	0.2	0.08	0.04	0.02	0.008	0.004	0.002
adams	0.1791	0.1801	0.2011	0.1861	0.2572	0.4333	1.0627	2.5627	5.4246
bfd	0.3345	0.3362	0.3262	0.3352	0.3803	0.7205	1.2303	2.9840	6.1020
euler	0.0150	0.0250	0.0451	0.1051	0.2211	0.4183	1.0547	2.8389	5.2755
lsoda	0.3682	0.3853	0.3662	0.3642	0.4923	0.8536	1.7532	3.3062	6.1121
rk4	0.2012	0.0941	0.1681	0.4483	0.8285	2.1571	3.9746	10.1077	19.0366
vode	0.3913	0.3217	0.3012	0.3012	0.5594	0.4683	1.1658	2.8199	5.6447

Автор выражает глубокую благодарность В.П. Голубятникову и А.А. Акинъшину за их вклад в изучение моделей функционирования генных сетей и бесценную помощь при выполнении данной работы.

Литература

1. *Акинъшин А.А., Голубятников В.П., Голубятников И.В.* О некоторых многомерных моделях функционирования генных сетей // Сибирский журнал индустриальной математики. 2013. Т. XVI. № 1 (53). С. 3.

УДК 681.3

*А.М. Пуртов**Омский филиал Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
И МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ
ДЛЯ АНАЛИЗА АВТОТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ**

Аннотация. Рост возможностей приобретения автомобилей населением приводит к перегрузке автотранспортных сетей. Поэтому задачи анализа и организации автотранспортного движения становятся все более актуальными. Современные компьютерные технологии и математические методы имеют большие

возможности для решения такого рода задач. Интеграция различных методов и средств позволяет с разных сторон посмотреть на возникающие проблемы. Создаваемая автором система GisAuto ориентирована на анализ времени прохождения различных участков пути. В GisAuto предполагается совместное использование методов геоинформационных систем (ГИС), математических методов, в частности, методов редукции графов, таксономии [1], имитационного моделирования. Ранее методы редукции (свертывания) графов и имитационного моделирования использовались автором для анализа сетей передачи данных [2]. В [3; 4] показана эффективность интеграции методов ГИС и математических методов при анализе автотранспортных сетей.

Суть разрабатываемой технологии можно отобразить следующими этапами.

1. Построение ГИС-модели задержек на основных маршрутах города.

Задержки происходят на перекрестках, светофорах, пешеходных переходах.

2. Построение на ГИС-карте графов исследуемых маршрутов.

3. Сбор данных о задержках.

На этом этапе могут быть использованы экспертные, расчетные оценки, результаты наблюдений, имитационного моделирования.

4. Анализ маршрутов методом редукции графов.

В результате получаются коэффициенты, показывающие влияние каждой задержки на время прохождения маршрута.

5. Раскраска задержек (вершин графа) на ГИС-карте в зависимости от их значимости.

6. Анализ полученных результатов методами геоанализа и таксономии.

Выявление задержек и участков, оказывающих наибольшее влияние на время прохождения маршрута.

7. Микроанализ проблемных участков (дополнительные наблюдения, имитационное моделирование).

В докладе на примере анализа одного из популярных маршрутов г. Омска показано выполнение перечисленных эта-

пов. Новизна разрабатываемой технологии заключается в оригинальном сочетании разработанных автором моделей, реализованных различными методами.

Ключевые слова: геоинформационная система, имитационное моделирование, редукция графов, таксономия, анализ данных, автотранспортные сети.

Литература

1. *Загоруйко Н.Г.* Прикладные методы анализа данных и знаний. Новосибирск: Изд-во Ин-та математики, 1999. 270 с.
2. *Пуртов А.М.* Анализ производительности сетей ЭВМ на графах и имитационных моделях: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.16 / науч. рук. В.А. Шапцев. Омск: ИИТПМ СО РАН, 1995. 17 с.
3. *Пуртов А.М.* Интеграция технологии ГИС и метода редукции графов для анализа транспортных сетей // Омский научный вестник. 2011. № 1 (97). С. 164–168.
4. *Пуртов А.М.* Использование таксономии при анализе задержек в автотранспортных сетях // Вестник СибАДИ. 2013. № 2 (30). С. 73–78.

УДК 51.74

В.М. Кинько

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ РАСКРАШЕННЫХ ВЗВЕШЕННЫХ СЕТЕЙ ПЕТРИ

Транспортная инфраструктура – одна из важнейших инфраструктур, обеспечивающих жизнь городов и регионов. В последние десятилетия особую важность приобретает оптимальное планирование транспортных сетей, улучшение организации движения, уменьшение расхода топлива, уменьшение числа пробок, уменьшение времени машины в пути. Самый распространенный вариант достижения этих целей – регулировать и управлять городским движением с помощью светофоров.

В данной работе проводится имитационное моделирование дорожной сети на примере одного четырехстороннего перекрестка. Заложенные в модель принципы позволяют масштабировать её на произвольное число идущих друг за другом перекрестков.

Для моделирования был выбран ориентированный граф, называемый безопасной раскрашенной временной сетью Петри [7; 8]. В роли узлов сети выступают «машиноместа» – отрезки дороги, которые могут поместить на себе одну машину. Как машины в данной модели выступают фишки сети Петри, отсюда же вытекает свойство «безопасности» сети – каждая вершина может содержать не больше одной метки одновременно, так же как в каждом отрезке дороги не может находиться более одной машины в каждый момент времени. Вершины переходов сети Петри же будут являться условиями для перехода из одного узла сети в другой. Так как переход с одного отрезка дороги занимает определенное время, задержку, то и дуги будут иметь задержку – время перехода, потому эта сеть будет временной. Различные «цвета» меток машин будут отображать различные их маршруты. Маршрут машины – план её движения от момента появления в графе симуляции до момента выхода из него. Машины появляются в узлах, называемых краевыми и выходят из графа в уничтожающих узлах.

По предложенной модели было решено создать программный продукт на языке C++ с использованием графической библиотеки HGE. В результате работы был создан программный продукт по заявленной модели.

В качестве исходных данных для построения дорожной сети используется форматированный текстовый файл layout.txt, содержащий в себе описание дорожной сети (названия, длины, пересечения дорог, установки планов светофоров). После запуска программы файл будет считан и переведен во внутренний формат, по данным из файла будет построена дорожная сеть, составлены примерны планы генерации машин по алгоритму Беллмана-Форда [4].

После построения маршрутов и создания дорожной сети будет отображен интерфейс программы. Черными линиями обо-

значаются дороги, квадратами на пересечении дорог – перекрестки. Квадраты на краях дороги – краевые узлы. При наведении на один из узлов или перекрестков он выделяется зеленым цветом и отображается соответствующий ему интерфейс. При выделении управляемого светофором перекрестка можно изменять параметры светофора, а при выделении краевого узла – параметры генерации машин в этом узле. Также при наведении на узел показывается информация о загруженности прилегающих к нему дорог.

Литература

1. *Швецов В.И.* Математическое моделирование транспортных потоков // Автоматика и телемеханика. 2003. № 11. С. 3–46. URL: <http://www.mathnet.ru/links/c7766e04bf7db286eeeb14bd55572d0d/at1966.pdf>.
2. *Лобанов А.И.* Модели клеточных автоматов // Компьютерные исследования и моделирование. 2010. Т. 2. № 3. С. 273–293. URL: http://crm.ics.org.ru/uploads/crmissues/kim_2010_2_3/crm10304.pdf.
3. *Dotoli M., Pia Fanti M.* An urban traffic network model via coloured timed Petri nets / Dipartimento di Elettrotecnica ed Elettronica, Politecnico di Bari. 27 p. URL: http://dee.poliba.it/labcontrolli/file_pdf/Wodes04.pdf.
4. *Bellman R.* On a Routing Problem // Quarterly of Applied Mathematics. 1958. Vol. 16. № 1. P. 87–90.
5. The zlib/libpng License (Zlib) // Open Source Initiative. URL: <http://opensource.org/licenses/Zlib>.
6. Haaf's Game Engine – hardware accelerated 2nd engine. URL: <http://hge.relishgames.com/>.
7. *Бурков В.Н., Новиков Д.А.* Элементы теории графов. URL: http://www.mtas.ru/start/t_garf.pdf.
8. *Питерсон Дж.* Теория сетей Петри и моделирование систем. М.: Мир, 1984. 264 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИО-ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ РЕАЛЬНО-ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ПОСРЕДСТВОМ ЗАДАЧИ О НАЗНАЧЕНИЯХ

Аннотация. Проблема расписаний в условиях кредитной системы образования, ставится как никогда остро, когда речь идет о непосещении студентами в силу их болезней, не посещения (редко), или каких-то особых причин. Ситуация когда на одну лабораторную работу, выделяется один час, для этого необходимо настроить соответствующее оборудование, то есть требуется специалист, который бы настраивал перед каждым лабораторным занятием компьютеры в реально-виртуальной лаборатории (СКГУ). Так же ставится задача по составлению расписания для студентов которые в свою очередь должны так или иначе провести лабораторные работы по дисциплинам РВЛ.

В СКГУ им. М. Козыбаева, существует уникальная в своем роде по Казахстану реально виртуальная лаборатория, оснащенная современным сетевым оборудованием, мощным сервером и двумя дорогостоящими комплексами, «Локальные сети» и «Компьютерная безопасность и безопасность локальных сетей».

Ставится задача дискретной оптимизации: распределить машинные часы (часы работы станций в РВЛ) и построить расписание, минимизирующее время выполнения работ, стоимость работ и т. п. Расписание – указание, на каких машинах и в какое время должны обслуживаться требования (выполняться работы). Постановка задачи: пусть имеется набор исходных данных, связанных с реально-виртуальной лабораторией, называемый исходный ресурс аудиторного фонда, для лабораторных занятий. В лаборатории 8 ПК (на момент написания все в рабочем состоянии). Учебная неделя 5 дней. 15 учебных недель – семестр.

Задача моделирования сводится к нескольким рекомендациям для проблемы в частности, так и выводу общей модели поведения в данной ситуации аналитиков, составляющих расписание или назначающих специалистов для работы над лабораториями или уникальными аудиториями, полной автоматизации или полуавтоматизации этих процессов, основываясь на современных языках программирования, существующих концепций автоматизированных управляющих систем и систем составления расписания.

Ключевые слова: задача дискретной оптимизации, реально-виртуальная лаборатория, расписание, задача моделирования.

Литература

1. Информационный Казахстан – 2020: Государственная программа: на основании Указа Президента Республики Казахстан от 1 февраля 2010 г. № 922 «О Стратегическом плане развития Республики Казахстан до 2020 года». URL: http://egov.kz/wps/portal/Content?contentPath=/egovcontent/transports/communications/article/gp_inf_kaz_2020&lang=ru#1.
2. *Танаев В.С., Гордон В.С., Шафранский Я.М.* Теория расписаний. Одностадийные системы. М.: Наука, 1984.
3. *Пападимитриу Х., Стайниц К.* Комбинаторная оптимизация. Алгоритмы и сложность. М.: Мир, 1985.

УДК 519:518:517

В.А. Воловоденко, Н.А. Ефремова, В.И. Ефремов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

МАРКОВСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МОДЕЛИРОВАНИИ ЭВОЛЮЦИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ

Работа посвящена моделированию геофизических полей. На современном этапе развития наук о Земле приходится иметь дело с множеством, содержащим большое число неупорядоченных элементов. Практически описать все эти элементы, относящиеся к разным областям знаний общей науки о Земле, оказы-

вается невозможным. Решение задач, связанных с изучением сверхдлиннопериодных процессов также потребовало разработки новых методов моделирования и анализа экспериментальных данных. Авторы данной работы предлагают использовать спектральный метод решения систем дифференциальных уравнений, описывающих динамику изменения вероятностей состояния марковского процесса в условиях нестационарных вероятностей перехода. Авторы приводят обоснование предлагаемой методики: марковские процессы являются одной из важнейших моделей для реально протекающих процессов в природе; аппарат их достаточно хорошо разработан и др. Практически все процессы моделирования, в том или ином случае, носят случайный характер. Отличительной особенностью марковских процессов является то, что в каждый конкретный момент времени дальнейший ход такого процесса обуславливается только его состоянием в этот момент и не зависит от характера течения процесса в предшествовавшие периоды. Для марковского процесса суждение (и модель) о будущем несколько не меняется в случае расширения или резкого изменения знаний относительно предшествовавшего периода. Использование спектрального метода для решения систем дифференциальных уравнений дает следующие преимущества: 1) однородное представление для операций и процедур; 2) однородное представление одномерных сигналов; 3) возможность параметрирования среды. Особый интерес вызывает тот ряд обстоятельств, который связан с ослаблением временных зависимостей моделей, которые в области операторных представлений сводятся к простым параметрическим связям. Таким образом достигается не только возможность решения задач из более обширного класса, но и возможность накопления информации. Спектральный метод позволяет по линейным уравнениям записать явное выражение их решения в замкнутой форме, пользуясь символикой матриц. Использование спектрального метода приводит к алгебраической форме связей между характеристиками системы. Эти связи удобно представить в матрично-операторной форме. Это позволяет получить выражение передаточных функций, выходных сигналов систем и их характеристик в явном виде, проводить преобразование выражений,

описывающих исследуемую систему, в символической форме с целью их упрощения. И лишь на конечном этапе исследования для нахождения количественных характеристик выполнять вычисления на компьютере по матрично-операторным формулам с помощью стандартных подпрограмм и справочного материала.

УДК 551.550.83/.87

Е.В. Рабинович, К.С. Ганчин,

И.М. Пупышев, Г.С. Шефель

Новосибирский государственный технический университет

МОДЕЛЬ СЕЙСМИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСА, ВОЗНИКАЮЩЕГО ПРИ ГИДРАВЛИЧЕСКОМ РАЗРЫВЕ ПЛАСТА

Используя экспериментальное моделирование и метод математической аналогии, была предложена, исследована и опробована модель сейсмического сигнала, возникающего при образовании трещин коллектора в результате гидравлического разрыва пласта. Модель применима для сред с разным уровнем дисперсии волн.

Модель является достаточно универсальной, так как хорошо приближает известные модели сейсмических импульсов.

Сейсмический импульс, имеющий вид волнового пакета, является решением соответствующего нелинейного эволюционного уравнения, описывающего напряженно-деформированные состояния породы продуктивного пласта. Исходя из формы акустического импульса, полученного при экспериментальном моделировании, и решений известных нелинейных эволюционных уравнений, была предложена модель сейсмического импульса в виде

$$s(X, t) = cA \frac{\cos(kX - \omega t + \theta)}{\operatorname{ch}\left(\frac{X - Vt}{T_0}\right)},$$

где V – групповая скорость волны, движущейся в направлении X , c – коэффициент пропорциональности, зависящий от вида

эволюционного уравнения, A и T_0 – амплитуда и длительность импульса, $X = x - x_0$ – расстояние между сейсмоприемником и источником импульса, $\omega = kv$ – угловая частота, k – волновое число, v – фазовая скорость, θ – фазовый сдвиг волны.

Спектр импульса и его энергия вычисляются по формулам

$$S(X, \Omega) = \int_{-\infty}^{\infty} s(X, t) \exp(-i\Omega t) dt =$$

$$= \frac{\pi c A}{2V} \left(\frac{\exp(-i((k - \frac{\omega}{V})X + \theta))}{\operatorname{ch}(\frac{\pi T_0 (\omega + \Omega)}{2V})} + \frac{\exp(i((k - \frac{\omega}{V})X + \theta))}{\operatorname{ch}(\frac{\pi T_0 (\omega - \Omega)}{2V})} \right) \exp(\frac{-i\Omega X}{V}),$$

$$E = \int_{-\infty}^{\infty} s^2(X, t) dt = \frac{c^2 A^2}{V} (\pi T_0 \frac{\omega}{V} \frac{\cos(2((k - \frac{\omega}{V})X + \theta))}{\operatorname{sh}(\pi T_0 \frac{\omega}{V})} + 1).$$

Проведено сравнение используемых в сейсморазведке для приближения реальных сейсмограмм моделей импульсов и предложенной модели в виде солитона нелинейного уравнения Шредингера с соответствующими параметрами. Показано высокое сходство предложенных временных форм и их частотных спектров с аналогичными характеристиками моделей сейсмических импульсов Берлаге, Гельфанда, затухающей синусоиды, Пузырева, Риккера. Предложенная модель, за счет подбора фазового сдвига θ , может принимать вид как нуль-фазового, так и минимально-фазового импульса.

Ключевые слова: сейсмический импульс, гидравлический разрыв пласта.

Литература

1. Рабинович Е.В., Туркин А.С., Новаковский Ю.Л. Наземная локация микросейсмических сигналов для мониторинга гидравлического разрыва пласта // Доклады ТУСУР. 2012. № 1 (25). Ч. 1. С. 104–112.
2. Рабинович Е.В., Туркин А.С., Новаковский Ю.Л. Спектральная фильтрация сейсмических сигналов, возникающих при гидравлическом разрыве пласта // Доклады ТУСУР. 2013. № 2 (28). С. 175–179.
3. Рабинович Е.В., Вайнмастер П.И., Новаковский Ю.Л. Пространственная фильтрация сейсмических событий, возникающих при

гидравлическом разрыве пласта // Автоматика и программная инженерия. 2013. № 1 (3). С. 53–60.

4. Рабинович Е.В., Вайнмастер П.И., Новаковский Ю.Л., Туркин А.С. Моделирование зоны трещиноватости, возникающей при гидравлическом разрыве пласта // Автометрия. 2014. № 4. С. 24–33.

5. Шнейерсон М.Б. Наземная невзрывная сейсморазведка. М.: Недра, 1988. 238 с.

УДК 551.550.83/.87

Е.В. Рабинович, П.И. Вайнмастер

Новосибирский государственный технический университет

ПОСТРОЕНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ ТРЕЩИНЫ, ВОЗНИКАЮЩЕЙ ПРИ ГИДРАВЛИЧЕСКОМ РАЗРЫВЕ ПЛАСТА

В данной работе рассматриваются основные этапы заключительной стадии мониторинга ГРП – алгоритма построения трехмерной графической модели зоны трещиноватости коллектора в виде тонкого слоя неравномерной толщины. Предложенный алгоритм позволяет оценить размеры, положение и толщину трещин гидроразрыва.

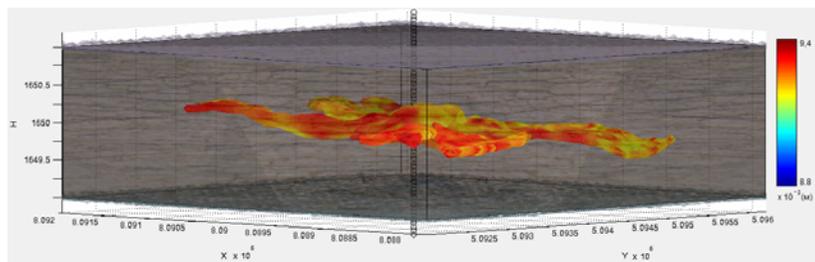
Задача исследования состоит в построении трехмерной модели трещиноватой зоны по данным мониторинга ГРП. Рассмотрены основные этапы решения данной задачи – выявление координат источников сейсмических импульсов, построение модели зоны трещиноватости пласта и визуализация модели трещины.

В результате применения пространственной фильтрации формируется набор гипоцентров, представляющий координаты точечных источников сейсмических импульсов, связанных с событиями раскрытия трещины.

Предлагаемая модель зоны трещиноватости представляет тонкий слой неравномерной толщины (возможны прослойки внутри слоя), простирающийся в продуктивном пласте в виде фрактальной многолучевой звезды, с центром в забое скважины.

Трехмерная модель зоны трещиноватости представлена на рисунке. На нем изображен «вырезанный» в коллекторе контейнер размером $512 \times 512 \times 4$ м³, содержащий ствол скважины и зону трещиноватости. Цвет модели трещины косвенно отражает её толщину. Цвета красного спектра, соответствуют большей амплитуде колебаний (большей толщине трещины).

Построение графической модели учитывает динамику фрактального развития трещин.



Ключевые слова: гидравлический разрыв пласта, пространственная фильтрация, модель зоны трещиноватости.

Литература

1. Рабинович Е.В., Туркин А.С., Новаковский Ю.Л. Наземная локация микросейсмических сигналов для мониторинга гидравлического разрыва пласта // Доклады ТУСУР. 2012. № 1 (25). Ч. 1. С. 104–112.
2. Новаковский Ю.Л., Рабинович Е.В., Туркин А.С. Определение размеров закрепленных трещин, образующихся при гидравлическом разрыве пласта // Экспозиция Нефть Газ. 2012. № 4. С. 95–97.
3. Рабинович Е.В., Вайнмастер П.И., Новаковский Ю.Л. Пространственная фильтрация сейсмических событий, возникающих при гидравлическом разрыве пласта // Автоматика и программная инженерия. 2013. № 1 (3). С. 53–60.
4. Рабинович Е.В., Вайнмастер П.И., Новаковский Ю.Л., Туркин А.С. Моделирование зоны трещиноватости, возникающей при гидравлическом разрыве пласта // Автометрия. 2014. № 4. С. 24–33.
5. Theodoridis S., Koutroumbas K. Pattern Recognition. USA: Academic Press, Inc., 2009. 494 p.

**ТЕОРЕТИКО-КАТАСТРОФИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
ВЗАИМОСВЯЗИ «РАСТИТЕЛЬНОСТЬ-ПОЧВА»
В ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМАХ**

Почва относится к числу основных факторов, определяющих условия произрастания деревьев. Растительность и почвы связаны потоками энергии и вещества и совместно с животными и микроорганизмами формируют целостный лесной биогеоценотический покров. В [1] была предложена ярусно-мозаичная модель лесной экосистемы в виде дифференциального уравнения для продукции фитомассы с правой частью, описываемой в рамках математической теории катастроф. Взаимосвязь с почвой учитывалась посредством введения в правую часть в качестве внешнего параметра влажности почвы.

Предлагается следующая модель взаимосвязи «растительность-почва», расширяющая модель, предложенную в [1]:

$$\frac{dx}{dt} = -\frac{\partial}{\partial x} V(x, k, m, a, w),$$

$$\frac{dy}{dt} = \gamma \cdot [(p - p_0) - y^2]y - \delta \cdot (W - W_-)(W - W_+),$$

$$V(x, k, m, a, w) = \frac{\alpha}{6}(x - x_0)^6 + k(x - x_0)^4 + m(x - x_0)^3 + a(x - x_0)^2 + w(x - x_0),$$

$$k = -c_k (CI - CI_0), m = c_m \left(\frac{s^2}{\mu} - 1\right),$$

$$a = -c_a (YAH - YAH_0), w = c_w (W - W_0),$$

$$0 < W_- < W_0 < W_+,$$

где x – продукция фитомассы (т/га за год), y – мера плодородия почвы, CI – индекс конкуренции Вайса [1]; s^2/μ – коэффициент дисперсии, являющийся показателем равномерности

распределения деревьев в пространстве; если s^2/μ близко к нулю, то распределение регулярное, к единице – случайное, а чем более единицы, – тем мозаичнее; $УАН$ – уровень антропогенной нагрузки на район [1], p – мера типа почво-образующей породы, W – влажность почвы, W_- – значение влажности почвы, которое характеризует нехватку воды, и, соответственно, W_+ – ее избыток, γ, δ – положительные константы, коэффициент $\alpha = \alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4$, где α_j – доля фитомассы j -го яруса в фитомассе всего леса, c_k, c_m, c_a, c_w – постоянные коэффициенты. Величины $CI_0, УАН_0, W_0$ – это критические значения факторов, обозначающие границы экологической устойчивости фитоценоза.

Рассматривая стационарные равновесия для y , находим $W = W(y, p)$. Подставляя это в первое уравнение, концентрируем внимание либо на равновесных состояниях для продукции, либо на ее динамике.

Первое уравнение описывает четырехъярусный лес. Добавление второго уравнения таким способом, как это мы предлагаем, сохраняет все результаты, полученные нами для теоретико-катастрофического описания четырехъярусного леса и подробно изложенные в [1].

Второе уравнение – упрощенное представление о плодородии почвы, учитывающее только два фактора: тип почвообразующей породы и влажность почвы. Их изменение может привести к скачкообразному изменению плодородия почвы и это мы смоделировали, вводя в правую часть уравнения катастрофу типа «сборка». В точке (p_0, W_-) происходит катастрофа падения плодородия, связанная с нехваткой воды в почве, а в точке (p_0, W_+) – катастрофа падения плодородия при избытке влаги.

Литература

1. Гуц А.К., Володченко Л.А. Кибернетика катастроф лесных экосистем. Омск: КАН, 2012. 220 с.

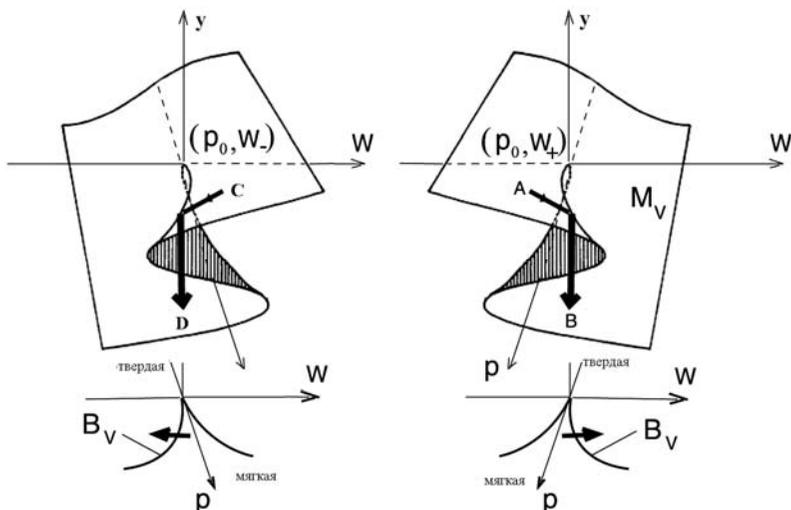
МОДЕЛЬ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ КАТАСТРОФЫ «СБОРКА»

Плодородие почвы определяется содержанием в ней необходимых для растений питательных веществ, уровнем устойчивой влажности, наличием в почве воздуха, строением и структурой почвы, определяющими возможность развития корней. Уровень плодородия зависит от процента содержания гумуса – комплекса органических соединений, образовавшихся в результате разложения микроорганизмами остатков растительного и животного происхождения.

Высоким плодородием обладают почвы (суглинки), возникшие в результате разрушения мягких горных пород, низким – почвы (подзолистые почвы), образованные при разрушении твердых пород.

Большинство характеристик почвы связано со свойствами почвообразующей породы [1]. Условием плодородия почвы является оптимальная и постоянная влажность почвы. Вода – обязательное условие почвообразования и формирования почвенного плодородия. Если слишком сухо, почва становится плотнее, а жизнь в ней почти замирает – прекращается разложение органики и фиксация азота. При избытке воды всё в почве задыхается и начинается вредное бескислородное сбраживание органических остатков (силосование).

Учитывая сказанное, мы ограничимся при построении модели почвы только двумя ее основополагающими характеристиками: типом почвообразующей породы, и влажностью. Их изменение может привести к скачкообразному изменению плодородия почвы, и это мы смоделировали, вводя в правую часть уравнения, описывающего динамику плодородия почвы функции, соответствующие катастрофам типа «сборка» (рис.).



Слева изображена катастрофа плодородия почвы, вызванная нехваткой влаги в почве, а справа – избытком влаги

Модель представляет собой дифференциальное уравнение вида:

$$\frac{dy}{dt} = \gamma \cdot [(p - p_0) - y^2]y - \delta \cdot (W - W_-)(W - W_+), \quad 0 < W_- < W_+,$$

где y – мера плодородия почвы, p – мера типа почвообразующей породы, W – влажность почвы, W_- – значение влажности почвы, которое характеризует нехватку воды, и, соответственно, W_+ – ее избыток, γ, δ – положительные константы,

В результате для определенных почв в точке (p_0, W_-) происходит катастрофа падения (от точки С к точке D) плодородия, связанная с нехваткой воды в почве, а в точке (p_0, W_+) – катастрофа падения (от точки А к точке В) плодородия при избытке влаги.

Литература

1. Солодова Н.И., Христофорова Л.Б., Малахова Н.И. Основы устойчивого управления лесным хозяйством. СПб., 2006. 111 с.

К ВОПРОСУ О ПРАКТИЧЕСКОМ ПРИМЕНЕНИИ ПОЛОЖЕНИЙ РЕИНЖИНИРИНГА

Аннотация. Рассматриваются вопросы бизнес моделирования с целью реинжиниринга в рамках перехода на процессное управление с комплексной информационной поддержкой полного цикла бизнес деятельности на практическом примере территориально удаленного обособленного подразделения торгово-промышленной компании. Компания рассматривается как гетерогенная социотехническая система. Удаленное положение филиалов объясняет трудности при переходе от привычной линейно-функциональной организации управления к процессной, а тем более, далее к проектной организации.

Выбор подхода управления объясняет краткий сравнительный анализ двух основных бизнес моделей коммуникаций В2В и В2С в объектно-ориентированном представлении. Логическое представление выявляет наиболее важное отличие процессного подхода – установление эффективных коммуникаций в рамках компании в целом – В2В, и с потребителями на местах – В2С. Остаются вопросы в эффективности такой поддержки с целью обеспечения коммуникаций

В соответствии с процессным подходом дано краткое обоснование выбора технологии его внедрения, а именно: выбор технологии бизнес моделирования BPM и поддерживающей его нотации моделирования – BPMN.

На основе анализа референтных бизнес моделей выявлены основные бизнес процессы для дальнейшей их детализации, использования технологии и инструментов имитационного моделирования с целью принятия оптимальных решений по реструктуризации.

Ключевые слова: реинжиниринг, процессный подход, бизнес моделирование, BPMN.

Литература

1. *Портер М.* Конкуренция. М.: Вильямс, 2005. 608 с.
2. *Проталинский О.М., Ажмухамедов И.М.* Системный анализ и моделирование слабо структурированных и плохо формализуемых процессов в социотехнических системах // Инженерный вестник Дона. 2012. № 3. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=21945207>.
3. *Лебедько А.Г.* Процессный подход к формированию каспийского регионального экономического кластера // Российский экономический интернет-журнал. 2014. № 1. URL: <http://www.e-rej.ru/upload/iblock/cc3/cc3094cc743206ad9c1bf22759e41e95.pdf>.
4. Реинжиниринг бизнес-процессов / Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Реинжиниринг_бизнес-процессов.
5. *Polancic G.* BPMN FAQ – What is the relationship between BPMN and UML? URL: <http://blog.goodelearning.com/bpmn/bpmn-faq-relationship-bpmn-uml>.
6. *Polancic G.* BPM, BPMN, BPD, BPMo – An explanation of business process related terms. URL: <http://blog.goodelearning.com/bpmn/bpm-bpmn-bpd-bpmo-an-explanation-of-business-process-related-terms-2/>.
7. UML vs BPMN. Методики визуализации и моделирования в бизнес-анализе: форум / Белорусское сообщество бизнес и системных аналитиков. URL: <http://analyst.by/forum/vizualizaciya-i-modelirovanie/uml-vs-bpmn>.
8. *Репин В.* Бизнес-процессы. Моделирование, внедрение, управление. М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. 512 с.
9. *Остроухова Н.Г.* Бизнес-процессы предприятий ТЭК: понятие, содержание, классификация // Сибирская финансовая школа. 2012. № 1. URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=17703422>.
10. BPM (управленческая концепция) / Википедия. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/BPM_\(управленческая_концепция\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/BPM_(управленческая_концепция)).
11. Business Process Model and Notation (BPMN). Version 2.0 / Object Management Group. 2011. URL: <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/PDF/>.
12. Business Process Model & Notation (BPMN) / Object Management Group. URL: <http://www.omg.org/bpmn/index.htm/>.
13. *Савич А.* Документирование и оптимизация бизнес-процессов. URL: http://mipt.ru/upload/ff1/f_fy4f-arpgha6mq5q.pdf.
14. Модели бизнес-процессов предприятия. Оказание услуг. Типовая структура бизнес-процессов / Современные технологии управления. URL: [http://www.businessstudio.ru/navigator/frameworks/Services%20Process%20Framework%20\(Business%20Studio\).pdf](http://www.businessstudio.ru/navigator/frameworks/Services%20Process%20Framework%20(Business%20Studio).pdf).

15. Решение ELMA для предприятий оптово-розничной торговли и дистрибьюторов / ELMA. URL: http://www.elma-bpm.ru/product/industry_solutions/distribution.html.
16. Регламент бизнес-процесса. Образец / Domino. Информационные технологии. URL: <http://www.domino-it.ru/complinformation/samples-of-documents/51-reglament-bp.html>.
17. Андреев Б. Как описать свой бизнес-процесс. Руководство для руководителя. URL: <http://www.gpr.ru/load/autobusinessprocess.pdf>.
18. WebSphere Business Modeler Advanced, версия 6.1.2: учебник / IBM Corp. URL: <http://publib.boulder.ibm.com/infocenter/dmndhelp/v6r1mx/topic/com.ibm.btools.help.modeler.doc/doc/reference/pdf/tutorial.pdf?lang=ru>.
19. Разработка KPI на примере отдела продаж / Институт бизнес-аналитики. URL: <http://insba.ru/articles/article/razrabotka-kpi-na-primere-otdela-prodazh/>.

УДК 517.977

Б.К. Нартов

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

МЕТОД ФИКТИВНЫХ ПОТОКОВ В МОДЕЛЯХ ПЕРЕБРОСКИ РЕСУРСОВ

В работе представлен метод расчёта перераспределения начальных и/или текущих ресурсов в широком классе практических задач оптимального управления. Представляемый метод основан на специальном расширении уравнений динамической системы, формализующей исходную задачу. Дополнительные слагаемые правых частей уравнений описывают управляемый коммутатор потоков, связывающий составляющие вектора состояния системы. В пределах заданной интенсивности обмена коммутатор допускает произвольное перераспределение модулей составляющих (ресурсов) при сохранении их текущей суммы. При этом вид функции, мажорирующей интенсивности потоков, определяется типом задачи.

В задачах первого типа размещение начальных ресурсов является частью оптимизируемых начальных условий, а пере-

распределение ресурсов на интервале управления запрещено или физически неосуществимо. В этом случае мажорирующая функция допускает произвольный обмен ресурсами в начальном интервале времени, малом по сравнению с интервалом управления, а затем блокирует обмен. Таким образом, решение модифицированной исходной задачи, взятое в конце начального интервала, содержит вектор состояния, сколь угодно близкий к искомому оптимальному.

В задачах второго типа начальные условия жёстко заданы, но разрешено перераспределять текущие суммарные ресурсы на интервале управления. В этом случае мажорирующая функция постоянна на всём интервале управления, а её значения определяется физическими ограничениями на интенсивности реальных потоков. Таким образом, решение модифицированной исходной задачи содержит, дополнительно, план оптимального перераспределения ресурсов на интервале управления, реализуемый затем в реальном масштабе времени.

В задачах третьего типа разрешены как оптимизация начального размещения ресурсов, так и оптимизация перераспределения ресурсов на интервале управления. В этом случае мажорирующая функция является комбинацией мажорирующих функций задач первого и второго типов. В этом случае мажорирующая функция является комбинацией мажорирующих функций задач первого и второго типов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты № 14-08-01132 и № 14-07-00272.

Литература

1. *Nartov B.K.* Conflict of Moving Systems. France: AMSE-Press, 1994. 87 p.
2. *Нартов Б.К., Чуканов С.Н.* Модели траекторного управления. Омск: Изд-во ОмГУ, 2001. 95 с.
3. *Нартов Б.К.* Методы траекторного управления. Новосибирск: Наука, 2003. 104 с.
4. *Нартов Б.К.* Метод фиктивных потоков // Математические структуры и моделирование. 2001. № 8. С. 40–43.

5. *Нартов Б.К.* Оптимальное размещение управляемых подвижных объектов на заданных начальных позициях // Мехатроника, автоматизация, управление. 2004. № 2. С. 14–19.
6. *Barabanov M.Yu., Vodop'yanov A.S., Chukanov S.N., Nartov B.K., Yamaleev R.M., Babkin V.A.* A search for radially excited charmonium states in experiments with low-energy antiproton beams // Russian Physics Journal. 2007. Vol. 50. № 12. P. 1243–1250.
7. *Barabanov M.Y., Vodopianov A.S., Dodokhov V.Kh., Chukanov S.N., Nartov B.K., Yamaleev R.V.* Application of low energy antiproton beams for charmonium hybrid studies // Hadronic Journal. 2009. Vol. 32. № 2. P. 159–179.
8. *Barabanov M.Y., Vodopyanov A.S., Dodokhov V.K.* Search for higher lying charmonium states and charmed hybrids in experiments using antiproton beam with momentum ranging from 1 GeV to 15 GeV // Physics of Particles and Nuclei Letters. 2011. Vol. 8. № 10. P. 1069–1072.

УДК 519.71

Б.И. Пякилля

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

ИДЕНТИФИКАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. В работе предложен метод получения математической модели сосредоточенного детерминированного линейного объекта на примере решения задачи идентификации управляемой робототехнической системы, представленной в виде двухмассового звена манипулятора промышленного робота. Также описаны математические основы предложенного метода и представлен алгоритм его использования. Метод основан на применении частного случая преобразования Лапласа и численных методов решения систем линейных алгебраических уравнений, что в совокупности позволяет решать поставленную задачу с минимальными вычислительными затратами и использовать данный алгоритм для реализации на промышленных контроллерах и прочих программируемых средствах автоматизации. В конце работы представлен сравнительный анализ возможных

вариантов математического описания исследуемого объекта, используя абсолютный критерий близости реакции предложенной модели к экспериментальным данным, который основывается на применении чебышевской нормы.

Ключевые слова: передаточная функция, робот, робототехническая система, идентификация, линейная система, преобразование Лапласа.

Литература

1. Måns Östring Identification, Diagnosis, and Control of a Flexible Robot Arm // Linköping Studies in Science and Technology. Thesis № 948. 2002.
2. Вещественный интерполяционный метод в задачах автоматического управления: учебное пособие / А.С. Алексеев, А.А. Антропов, В.И. Гончаров, С.В. Замятин, В.А. Рудницкий; Томский политехнический университет. Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. 219 с.
3. Пякилля Б.И., Гончаров В.И. Идентификация линейной динамической системы при случайных возмущениях // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (Томск, 13–16 ноября 2012 г.). Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. С. 252–253.
4. Belikmaier M.Y., Goncharov V.I. Correctors for automatic control systems: Synthesis by uniform approximation // Automation and Remote Control. 1997. Vol. 58. № 5. P. 715–721.
5. Goncharov V., Rudnicki V. Real interpolation method in automatic control systems self-adjustment problem // Systems Science. 2010. Vol. 36. № 3. P. 35–37.

L.V. Rozanova

Danish Technical University

A.Y. Temerev

Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne

E.V. Myakisheva

Omsk State University n.a. F.M. Dostoevskiy

ON APPLICATIONS OF LENNARD-JONES POTENTIAL AS A SOCIAL FORCE FOR CROWD BEHAVIOR MODELING

Abstract. In this paper we provide the short overview of the currently existing approaches to modeling the crowd behavior. We consider the crowd as a set of particles moving under influence of physical, social and psychological forces. Starting from the Helbing's social forces model to describe the crowd motion we introduce Lennard-Jones potential for modeling interaction force between individuals in the crowd. We show that Lennard-Jones potential can account for the people's desire to preserve an optimal physical and social distance between each other; however, some modifications needs to be introduced in its calculations to account for directional anisotropy and other physical and behavioral aspects of motion of people within the crowd. In order to provide a performance evaluation of this model, we show a preliminary set of results obtained in a simulated scenario. The proposed model reflects the general properties of crowd behavior and takes into account individual characteristics of participants of movement, even though a quite simple representation of social forces with Lennard-Jones potential is used. The model is flexible and it able to be adapted to different situations (construction of physical space, specifics of participants – their physical and psychological conditions, age and others characteristics). The extensibility of the model makes it possible to incorporate new factors and to accommodate new features with additional constraints and capping rules.

Keywords: social force model, evacuation modeling, crowd modeling, Lennard-Jones potential, particle model.

References

1. *Helbing D., Molnar P.* Social force model for pedestrian dynamics // *Phys. Rev. E.* 1995. Vol. 51. № 5. P. 4282–4286.
2. *Helbing D., Farkas I., Vicsek T.* Simulating dynamical features of escape panic // *Nature.* 2000. Vol. 407. № 6803. P. 487–490.
3. *Yu W., Johansson A.* Modeling crowd turbulence by many-particle simulations // *Phys. Rev. E.* 2007. Vol. 76. № 4. P. 46105–46116.
4. *Bratsun D., Dubova I., Krylova M., Lyushnin A.* Computational modeling of collective behavior of panicked crowd escaping multi-floor branched building // *Proceedings of the European Conference on Complex Systems 2012.* Springer, 2013. P. 659–663.
5. *Hoogendoorn S.P., Bovy P.H.* Pedestrian route-choice and activity scheduling theory and models // *Transportation Research Part B: Methodological.* 2004. Vol. 38. № 2. P. 169–190.
6. *Antonini G., Bierlaire M., Weber M.* Discrete choice models of pedestrian walking behavior // *Trans. Res. Part B: Methodological.* 2006. Vol. 40. № 8. P. 667–687.
7. *Isobe M., Helbing D., Nagatani T.* Many-particle simulation of the evacuation process from a room without visibility: preprint. 2003. URL: <http://arxiv.org/pdf/cond-mat/0306136v1.pdf>.
8. *Fang Z., Song W., Zhang J., Wu H.* Experiment and modeling of exit-selecting behaviors during a building evacuation // *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications.* 2010. Vol. 389. № 4. P. 815–824.

УДК 004.9

V.A. Marenko, O.N. Luchko

Omsk branch of Sobolev Institute of Mathematics

Omsk State Institute of Service

COGNITIVE MODELLING APPLICATION FOR SOCIAL TENSION STUDY

Abstract. The purpose of the paper is the fixation and analysis of cognitive dissonance, the study of its causes and manifestations. The task of the research conducted is the multifaceted study of cognitive dissonance with the cognitive approach application. Scientists all over the world are making a great contribution to the development of models of unstable social processes. Perov E.V., Belyaeva N.A.,

Radko K.S., Dolomatov M.U. and other researchers used cognitive approach and mathematical statistics to measure social tension [1–9].

García-Barrios L.E., Speelman E.N., Pimm M.S. and others developed a simulation system to generate options for the development of the object, which would suit the conflicting parties [10–15].

Human activity has been studied with the help of the computer metaphor of the brain. This approach is currently inadequate. It is necessary to study mood and other people's emotions [16–20].

Cognitive dissonance is an unpleasant mood. Unmet needs are reasons for such situations. To satisfy needs fully is impossible. There is a barrier of discontent, after which there is an explosion. We want to find the measure of discontent, or the amount of cognitive dissonance.

We applied schematization and constructed cognitive maps to identify new points of view concerning the problem. We analyze cognitive schemes of our own and others' to improve the decisions. Every person has a set of mental models. He uses it to analyze the causes and solutions variants.

Simulation experiments were performed using the procedure [21–25]. We used the actions: construction and transposition of cognitive matrix; perturbations were introduced in the nodes of the graph; disturbance was introduced on the ways of graph.

Cognitive approach allows conduct the following research work: various factors are analyzed and the relationships are analyzed too; consequences have no single cause, and the reasons have the nonlinear structure; a new view point concerning the problem; the stability of the system could be researched on the basis of consonance and dissonance characteristics.

Analysis of crime according to Russian statistics presented.

Keywords: model, crime, cognitive approach, cognitive dissonance, graph, vertices, arcs, simulation experiment.

References

1. *Перов Е.В.* Когнитивное моделирование конфликтогенности общества // XII Всероссийское совещание по проблемам управления (ВСПУ–2014) (Москва, 16–19 июня 2014 г.). Труды. М.: ВСПУ. С. 6243–6250.

2. *Беляева Л.А.* Культурный и социальный капитал и напряженность социального пространства России // ОНС: общественные науки и современность. 2013. № 5. С. 51–64.
3. *Радько К.С., Иванова М.И., Мощенко И.Н.* Некоторые тренды политической напряженности среди населения Ростовской области на конец 2011 года // Инженерный вестник Дона. 2014. № 3.
4. *Прошин Е.Н., Журавлева Н.А., Мартынов В.В.* Информационная модель оценки и прогнозирования уровня социальной напряженности // Перспективы развития информационных технологий. 2013. № 16. С. 76–81.
5. *Доломатов М.Ю., Журавлева Н.А., Закиева Е.Ш., Прошин Е.Н.* Проектирование системы оценки уровня социальной напряженности // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. С. 9.
6. *Орлик Л.К., Лазарева Н.М.* Прогностическая модель социальной напряженности в студенческой среде // Ученые записки Российского государственного социального университета. 2013. Т. 2. № 5 (120). С. 51–57.
7. *Абрамович Е.С.* Математико-статистические методы анализа социальной напряженности в российском обществе // Учет и статистика. 2012. Т. 1. № 25. С. 85–89.
8. *Грызлов И.Н.* Методика краткосрочного прогнозирования индекса протестной активности населения региона на основе использования статистической информации // Информационные системы и технологии. 2013. № 3 (77). С. 54–60.
9. *Шведовский В.А., Петрова М.А.* Математическое моделирование динамики напряженности этно-политического конфликта // Социология: методология, методы, математическое моделирование. 2001. № 14. С. 151–175.
10. *García-Barríos L.E., Speelman E.N., Pimm M.S.* An educational simulation tool for negotiating sustainable natural resource management strategies among stakeholders with conflicting interests // Ecological Modelling. 2008. Vol. 210 (1–2). P. 115–126.
11. *Juska A., Woolfson C.* Policing political protest in Lithuania // Crime, Law and Social Change. 2012. Vol. 57. Issue 4. P. 403–424.
12. *Hendrix C.S., Salehyan I.* Climate change, rainfall, and social conflict in Africa // Journal of Peace Research. 2012. Vol. 49. Issue 1. P. 35–50.
13. *Lobo M.* Interethnic understanding and belonging in suburban Melbourne // Urban Policy and Research. 2010. Vol. 28 (1). P. 85–99.
14. *Kepplinger H.M.* Publizistische Konflikte und Skandale // Gesellschaftliche Bedingungen politisch motivierter Gewalt. 2009. P. 93–117.

15. *Wall C.N. de, Anderson C.A., Bushman B.J.* The General Aggression Model: Theoretical Extensions to Violence // *Psychology of Violence*. 2011. Vol. 1. № 3. P. 245–258.
16. *Черниговская Т.В.* Язык, мозг и компьютерная метафора // *Человек*. 2007. № 2. С. 63–75.
17. *Плотницкий Ю.М.* Модели социальных процессов: учеб. пос. для вузов. М.: ЛОГОС, 2001. 296 с.
18. Российский статистический ежегодник. URL: http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1135087342078.
19. *Чернявский Д.С.* Синергетика и информация: динамическая теория информации. М.: Наука, 2001. 244 с.
20. *Прангишвили И.В.* Энтропийные и другие системные закономерности: Вопросы управления сложными системами / Ин-т проблем управления им. В.А. Трапезникова. М.: Наука, 2003. 428 с.
21. *Диаманти О.В., Маренко В.А., Лучко О.Н.* Применение когнитивных технологий для управления в социальной сфере // *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика*. 2014. № 3. С. 58–63.
22. *Маренко В.А., Лучко О.Н., Лупенцов О.С.* Разработка модели управления процессом обучения с использованием когнитивных технологий // *Информатика и её применения*. 2014. Т. 8. Вып. 1. С. 99–105.
23. *Кулинич А.А.* Верификация когнитивных карт на основе объяснения прогнозов // *Управление большими системами*. 2010. Спец. вып. 30.1: Сетевые модели в управлении. С. 453–469.
24. *Лучко О.Н., Маренко В.А., Лупенцов О.С.* Программная система для изучения эффективности образовательного процесса в вузе с использованием когнитивных технологий: свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2013661212 от 2 декабря 2013 г.
25. Статьи и эссе Тимура Василенко. URL: <http://www.timur0.nm.ru/>.

**Секция
«Кибернетика»**

УДК 519.7

Ю.А. Лебедев

*Московский государственный технический университет
им. Н.Э. Баумана*

**МОДЕЛЬ БЕСКОНЕЧНОМЕРНОГО МУЛЬТИСОБЫТИЙНОГО
ПРОСТРАНСТВА-ВРЕМЕНИ МИНКОВСКОГО
И ФИЗИЧЕСКИЙ СМЫСЛ ЭВЕРЕТТИЧЕСКИХ ВЕТВЛЕНИЙ
И СКЛЕЕК**

Аннотация. Рассмотрен физический смысл модели бесконечномерного пространства-времени Минковского (МБПВМ). Показано, что эта модель качественно отражает такие особенности эвереттического рассмотрения пространства-времени Минковского, как эвереттические ветвления и склейки, но является неполной, поскольку не учитывает наличие психоидных компонентов Бытия – сознания и разума. Выявлены идейно-методические связи МБПВМ с гипотезой А.К. Гуца о существовании стационарных кластеров пространства-времени – исторических эпох, а также с метаболическим подходом А.П. Левича к объяснению феномена времени. Рассмотрен механизм передачи сигнала при нелокальном взаимодействии, аналогичный механизму Гротгуса передачи протонов при аномальной диффузии в жидкостях с водородной связью. Показано, что эксперименты по проверке нарушения неравенств Белла с помощью фотонов свидетельствуют о наличии частиц-медиаторов передачи сигнала фермионной природы.

Ключевые слова: моделирование, пространство-время Минковского, эвереттика, эвереттические ветвления, эверет-

тические склейки, сознание, метаболический конструкт пространства-времени, ЭПР-парадокс.

Литература

1. *Lebedev Yu.A., Annuel P.R., Dulphan A.Ya.* The Everett axiom of parallelism: preprint. 2013. URL: <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1304/1304.0310.pdf>.
2. *Лебедев Ю.А.* Многоликое мироздание. Эвереттская аксиоматика. М., 2009. 269 с.
3. *Dunne J.W.* An Experiment with Time. A & C Black, Ltd, 1927. 208 p. Русский перевод см.: *Данн Дж.У.* Эксперимент со временем / пер. с англ. Т.В. Ивлевой. М.: Аграф, 2000, 223 с.
4. *Бартини Р.О.* Некоторые соотношения между физическими константами // Доклады Академии наук СССР. 1965. Т. 163. № 4. С. 861–864.
5. *Гуц А.К.* Многовариантная вселенная и теория исторических последовательностей // Математические структуры и моделирование. 2012. Вып. 25. С. 70–80. URL: http://www.chronos.msu.ru/old/RREPORTS/guc_mcm.pdf.
6. *Tegmark M.* The interpretation of quantum mechanics: many worlds or many words?: preprint. 1997. URL: http://arxiv.org/PS_cache/quant-ph/pdf/9709/9709032v1.pdf.
7. *Everett H.* Relative state formulation of quantum mechanics // Reviews of Modern Physics. 1957. Vol. 29 (3). P. 454–462. URL: <http://www.univer.omsk.su/omsk/Sci/Everett/paper1957.html>.
8. *Шульман М.Х.* Причинность и нелокальные квантовые корреляции. 2008. URL: http://timeorigin21.narod.ru/rus_quantum/rus_causality.pdf.
9. *Левич А.П.* Субстанциональное время открытых систем // Метафизика. 2013. № 5 (7). С. 50–73.
10. *Левич А.П.* Реляционная и субстанциональная концепции в решении проблем изучения времени и пространства // Метафизика. 2014. № 2 (12). С. 146–155. URL: http://www.chronos.msu.ru/images/reports/levich_ap_metafizika.pdf.
11. *Grotthuss C.J.T. de.* Sur la décomposition de l'eau et des corps qu'elle tient en dissolution à l'aide de l'électricité galvanique // Ann. Chim. 1806. Vol. 58. P. 54–73.
12. *Aspect A., Grangier P.* About Resonant Scattering and Other Hypothetical Effects in the Orsay Atomic-Cascade Experiment Tests of Bell Inequalities // Lett. Nuovo Cimento. 1985. Vol. 43. № 8. P. 345–346.

**ОТСУТСТВИЕ ГЛОБАЛЬНЫХ РЕШЕНИЙ
НАЧАЛЬНО-КРАЕВЫХ ЗАДАЧ
ДЛЯ СИСТЕМ ПОЛУЛИНЕЙНЫХ ПАРАБОЛИЧЕСКИХ
УРАВНЕНИЙ С НЕЛИНЕЙНЫМИ НЕЛОКАЛЬНЫМИ
ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ**

Аннотация. В работе рассматривается задача для системы полулинейных уравнений с нелокальными граничными условиями:

$$\begin{cases} u_t = \Delta u + c_1(x, t)v^p, v_t = \Delta v + c_2(x, t)u^q, x \in \Omega, t > 0, \\ u(x, t) = \int_{\Omega} k_1(x, y, t)u^m(y, t)dy, x \in \partial\Omega, y \in \Omega, t > 0, \\ v(x, t) = \int_{\Omega} k_2(x, y, t)v^n(y, t)dy, x \in \partial\Omega, y \in \Omega, t > 0, \\ u(x, 0) = u_0(x), v(x, 0) = v_0(x), \end{cases}$$

где p, q, m, n – положительные константы, Ω – ограниченная область в R^n , $n \geq 1$, с достаточно гладкой границей $\partial\Omega$, а $c_1(x, t)$, $c_2(x, t)$ – неотрицательные локально непрерывные по Гельдеру функции, определенные при $k_1(x, y, t)$, $k_2(x, y, t)$ – неотрицательные непрерывные функции, $u_0(x)$, $v_0(x)$ – неотрицательные непрерывные функции, удовлетворяющие граничным условиям при $t = 0$. Система сформулирована из физических моделей, возникающих в различных областях прикладной науки. Например, она может быть интерпретирована как задача о теплопроводности с нелинейными нелокальными источниками на границе материального тела. В этом случае, $u(x, t)$, $v(x, t)$ представляют температуру взаимодействующих компонентов в процессе их изменения. В работе приводятся достаточные условия отсутствия глобального решения при $m > 1$ и $n > 1$.

Ключевые слова: полулинейные параболические уравнения, нелинейность, нелокальность, реакции-диффузии.

Литература

1. Gladkov A., Nikitin A. A Reaction-Diffusion System with Nonlinear Nonlocal Boundary Conditions // International Journal of Partial Differential Equations. 2014. Vol. 2014. 10 p. URL: <http://www.hindawi.com/journals/ijpde/2014/523656/>.
2. Gladkov A., Kim K.I. Blow-up of solutions for semilinear heat equation with nonlinear nonlocal boundary condition // Journal of Mathematical Analysis and Applications. 2008. Vol. 338. № 1. P. 264–273.

УДК 517.9

Ю.В. Трубников, И.А. Орехова

Витебский государственный университет им. П.М. Машерова, Беларусь

О ПОСТРОЕНИИ НОВОГО КЛАССА КВАДРАТУРНЫХ ФОРМУЛ

Аннотация. Класс квадратурных формул служит для численного нахождения интеграла, в случае, если подынтегральная функция не выражается через известные формулы или задана таблицей. Одна из основных идей большинства методов численного интегрирования состоит в замене подынтегральной функции каким-либо интерполяционным многочленом.

Авторами данной статьи построен класс квадратурных формул, основанный на построении полинома наилучшего приближения в пространстве L_1 . Полином наилучшего приближения в пространстве L_1 является интерполяционным, а узлами интерполяции являются корни полиномов Чебышева второго рода. В работе найдены экстремальные полиномы $P_n(x)$ для значений $n = 2, 3, \dots, 7$. Результатом работы являются две сформулированные и доказанные теоремы о виде квадратурных формул, построенных на базе экстремальных полиномов в пространстве L_1 .

Ключевые слова: приближение в пространстве L_1 , полиномы Чебышева, корни многочленов Чебышева второго рода, квадратурные формулы.

Литература

1. Даугавет И.К. Введение в теорию приближения функции. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1977. 183 с.
2. Суетин П.К. Классические ортогональные многочлены. М.: Наука, 1979. 416 с.

УДК 514.12

А.Н. Романов

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского

ГОМЕОМОРФИЗМЫ, СОХРАНЯЮЩИЕ ПРИЧИННОСТЬ

Если пространство наделено лоренцевой метрикой, можно рассматривать условия, при которых отображения двух пространств будут являться причинными или хронологическими, т. е. сохранять причинное или хронологическое будущее (и прошлое) любой точки. Так называемая хроно-логическая и причинная структура пространства-времени может быть определена лоренцевой метрикой пространства-времени. Так, например, хронологическим будущим произвольной точки является множество точек, лоренцево расстояние до которых от исходной точки является числом строго положительным.

Гомеоморфизм двух многообразий $f: M \rightarrow M'$ будем называть *хронологическим*, если для любой точки $x \in M$ выполняется равенство $f(I_x^+) = I_{f(x)}^+$.

Гомеоморфизм будем называть *причинным*, если для любой точки $x \in M$ выполняется равенство $f(J_x^+) = J_{f(x)}^+$.

В результате исследования удалось доказать следующее утверждение.

Теорема 1. Пусть (M, g) и (M', g') – два пространства-времени, в которых множества причинного будущего J_p^+ , $J_{p'}^+$ замкнуты для всех точек $p \in M$, $p' \in M'$. Тогда, если $f: M \rightarrow M'$ – хронологический гомеоморфизм, то f одновременно является и причинным гомеоморфизмом.

Обозначим через $C(M, g)$ класс лоренцевых метрик на многообразии M , глобально конформных метрике g : $g' \in C(M, g) \Leftrightarrow g' = \Omega g$ для некоторой гладкой функции $\Omega: M \rightarrow (0, \infty)$. Говорят, что точка $q \in M$ *конечно недостижима* причинными кривыми, выходящими из точки p , если любую окрестность U_q точки q можно достичь причинными кривыми, выходящими из точки p , но в то же время для любого числа $N > 0$ существует окрестность U_q точки q такая, что риманова длина любой причинной кривой γ_{pU} , начинающейся в p и заканчивающейся внутри окрестности U_q , больше числа N : $L_0(\gamma_{pU}) > N$.

Лоренцево многообразие отнесём к классу A если в нем не выполняется одновременное наличие как явления конечной недостижимости, так и явления захвата причинных кривых компактным множеством.

Используя приведенную терминологию, было сформулировано и доказано следующее утверждение.

Теорема 2. Пусть (M, g) и (M', g') – два причинных пространства-времени класса A , удовлетворяющих условию конечности лоренцевой функции расстояния для всех метрик, глобально конформных данным. Тогда, если $f: M \rightarrow M'$ – хронологический гомеоморфизм, то f является гладким конформным преобразованием.

Вопрос, касающийся более подробного описания пространств, не принадлежащих упомянутому классу A , является отдельной темой, тоже достаточно интересной для исследования.

Литература

1. Бим Дж., Эрлих П. Глобальная лоренцева геометрия. М.: Мир, 1985.
2. Романов А. Отображения пространства-времени и условия причинности // Тезисы докладов конференции по анализу и геометрии (Новосибирск, 23 августа – 2 сентября 2004 г.). Новосибирск: ИМ СО РАН, 2004. 219 с.

МОДИФИЦИРОВАННЫЕ ФОРМУЛЫ ОПТИЧЕСКОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ

Аннотация. Взаимосвязь структуры, химического состава диэлектрика с его поляризационными свойствами обычно выявляются за счет анализа частотных спектров, отображающих преломление или поглощение им светового излучения. Кроме того, оптические постоянные в области собственного поглощения вещества являются фундаментальными константами, характеризующими целый ряд физико-химических параметров вещества. Измерение оптических характеристик материалов в высокочастотной области электромагнитного спектра позволяет рассчитать его характерные диэлектрические параметры, экспериментальное определение которых другими способами в настоящий момент технически не реализуемо. В свою очередь, актуальна и обратная задача, связанная с прогнозированием оптических характеристик перспективных материалов, проводимым на базе имитационного моделирования их поляризационных спектров. Исходя из известных формул выводится взаимосвязь оптического показателя преломления с действительной и мнимой частями диэлектрической проницаемостью, адекватность которых подтверждается имитационным моделированием исследуемой характеристики с данными физическими измерениями.

Ключевые слова: оптический показатель преломления, оптический показатель поглощения.

Литература

1. Юхневич Г.В. Инфракрасная спектроскопия воды. М.: Наука, 1973.
2. Золотарев В.М., Морозов В.Н., Смирнова Е.В. Оптические постоянные природных и технических сред: справочник. Л.: Химия, 1984.
3. Еремина В.В. Особенности поляризационных спектров конденсированных диэлектрических сред. I // Информатика и системы управления. 2009. № 2 (20). С. 60–65.

ВЕРОЯТНОСТНЫЙ МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ СИМПТОМОКОМПЛЕКСОВ

Аннотация. Построение вероятностного метода формирования симптомокомплексов предполагает совместное использование латентной модели и ортогональной факторной структуры в построении алгоритма метода. Первая задача метода – сформировать набор симптомокомплексов опираясь на ортогональную факторную структуру с учетом уровня значимости φ коэффициента. Вторая задача метода – для каждого симптомокомплекса найти диагностическую шкалу на базе простейшей латентно-структурной модели.

Определение. Диагностической шкалой в вероятностном методе формирования симптомокомплексов называется набор апостериорных вероятностей полученных с помощью простейшей латентно-структурной модели и формулы Байеса, позволяющей отнести объект исследования к одному из двух сформированных классов.

Определение. Симптомокомплексом называется тройка альтернативных показателей, используемых для построения диагностической шкалы в вероятностном методе формирования симптомокомплексов.

Определение. Два симптомокомплекса считаются зависимыми, если они содержат хотя бы один общий параметр, в противном случае эти симптомокомплексы независимы.

Теорема. Наличие всех маргиналов для латентной модели с двумя классами и тремя вопросами позволяет свести поиск всех неизвестных вероятностей к решению трех квадратных уравнений.

Алгоритм метода. Из исходной матрицы путем элементарного преобразования получаем стандартизованную матрицу. Вычисляем корреляционную матрицу. С целью исключения незначимых показателей вычисляем вероятностные значения

уровней. Определяем наименьшее количество выделяемых факторов (критерий Гуттмана, критерий «каменной осыпи» или другой адекватный критерий). Находим общности любым из известных методов. Вычисляем первичную ортогональную матрицу весовых нагрузок (метод главных факторов, метод минимальных остатков или любой другой адекватный метод). Полученную на предыдущем шаге матрицу весовых нагрузок подвергаем ортогональному вращению в соответствии с варимакс критерием. Осуществляем анализ ортогональной факторной структуры, полученной после вращения, и формируем зависимые и независимые симптомокомплексы. Для каждого симптомокомплекса формируем диагностическую шкалу, вычисляя маргиналы и решая базовую систему уравнений простейшей латентной модели. По общей формуле Байеса для симптомокомплексов вычисляем частные апостериорные вероятности для всех объектов исследования.

Вычислительный алгоритм данного вероятностного метода позволяет формировать диагностические симптомокомплексы и может быть использован для построения диагностических шкал по любым медицинским данным с альтернативной вариацией.

Ключевые слова: симптомокомплекс, факторная модель, латентная модель, корреляционный анализ, маргинальное распределение, маргинал.

Литература

1. *Иберла К.* Факторный анализ. М.: Статистика, 1980.
2. *Харман Г.* Современный факторный анализ. М.: Статистика, 1972.
3. *Кендалл М.Дж., Стюарт А.Т.* Статистические выводы и связи. М.: Наука, 1973.
4. *Осипов Г.В.* Методы измерения в социологии. М.: Наука, 2003.
5. *Lazarsfeld P.F.* The logical and mathematical foundation of latent structure analysis // *Measurement and Prediction* / ed. by S.A. Stouffer et al. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1950.
6. *Гольятин В.В.* Вычислительные аспекты метода минимальных остатков при разрешении варианта Хейвуда // *Сибирский журнал индустриальной математики.* 2005. Т. VII. № 3 (23). С. 145–151.

ОТ КИБЕРНЕТОСА К КИБЕРНЕТИКОСУ: О МАСТЕРСТВЕ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ

Управление является одним из ключевых понятий многих наук, в том числе экономики, политологии, кибернетики. Задачи оптимизации управления отражают возможность различать его (управления) качество. В Древней Греции человек, управлявший кораблём, мог называться «кибернетос» (кормчим), но только мастера такого управления имели право на название «кибернетикос». В литературе отмечено, что все мастера управления обладали специфическим качеством – талантом управления.

Что же делать людям, не имеющим такого таланта (к которым автор относит и себя самого)? Предлагаемый способ состоит в том, что в дополнение к освоению науки как ремесла, стоит точно так же начать осваивать и искусство как ремесло. Иными словами, к арсеналу инструментов науки можно добавить арсенал искусства. Именно эта идея нашла своё воплощение в авторском проекте «Рефлексивный театр ситуационного центра», реализуемым с 2007 г.

Однако это не означает процесс, аналогичный получению второго высшего образования: длительный и малоэффективный. Существуют другие – «царские» – пути приобретения различных навыков, которые можно найти в интернете и в публикациях [1; 2]. В качестве наиболее яркого примера отметим эффективные методики быстрого обучения языкам. Одна из таких методик включает одновременное освоение иностранного языка, «слепой» работы на клавиатуре и вождения танка. Концепция здесь состоит в том, что основной процесс сопровождается физическими упражнениями по развитию мелкой моторики, которая, в свою очередь, содействует развитию речевого центра. Кроме того, снимается страх освоения нового навыка. В качестве контраста отметим повсеместное явление: многолетнее и

практически безрезультатное изучение иностранных языков в школе и вузе [3].

Достаточно экзотический совет состоит в том, что параллельно с освоением арсенала искусства, полезно осваивать и практику школы восточных единоборств определённого направления. Для автора таким направлением является Тай-Цзи, но выбор школы делается исключительно на основе предпочтений конкретного человека. Анализ методик обучения такого рода можно найти в докторской диссертации [4].

Можно надеяться, что приведённые рекомендации помогут не только совершенствованию индивидуального мастерства управления, но и формированию эффективных управленческих команд в любой сфере человеческой деятельности.

Литература

1. *Филимонов В.А.* Чудесные пузыри образования // Седьмая международная конференция памяти академика А.П. Ершова «Перспективы систем информатики» (ПСИ'09). Секция «Информатика образования». Новосибирск: Сибирское Научное Издательство, 2009. С. 132–135.
2. *Филимонов В.А.* Царский путь и когнитивная карта математики // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе: матер. 3-й межвузовской научно-методической конференции (Омск, 27–28 сентября 2013 г.). Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013. С. 122–125.
3. *Филимонов В.А.* Чёрные дыры и чёрные ящики российского образования // Профессиональное образование в развитии региона и общества: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Омск: Ом. гос. ин-т сервиса, 2012. С. 76–78.
4. *Воронов И.А.* Восточно-Азиатская психотелесная теория личности в отечественной системе спортивных единоборств: дис. ... д-ра психол. наук. СПб.: СПбГАФК им. П.Ф. Лесгафта, 2005. 480 с.

ФАКТОРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Аннотация. Предлагается новый метод построения факторной модели на основе программной реализации нейронной сети и алгоритма обратного распространения ошибки. Суть нового метода для построений факторных моделей заключается в том, что для выявления закономерностей между параметрами используется математическая модель нейронной сети. Факторные переменные ставятся в соответствие нейронам скрытого слоя нейронной сети. Тем самым нейронная сеть осуществляет классический факторный анализ, т. е. свертку исходных параметров. Для получения интерпретабельного факторного отображения предлагается использовать специальный критерий интерпретабельности. Учет главных условий факторного анализа на значения факторных нагрузок приводит к поправкам на изменение весов нейронной сети в методе обратного распространения ошибки для выходного слоя. Этот метод является альтернативой классическому факторному анализу. Преимущества данного метода заключается в том, что он объединяет в себе все этапы классического факторного анализа: поиск факторного отображения, факторное вращение и вычисление значений факторов. Этот метод осуществляет косоугольный факторный анализ, тем самым имеет максимальную степень общности для линейной модели. На базе нейронной сети с нелинейной передаточной функцией получен вариант нелинейного факторного анализа. Факторное отображение, полученное с помощью нейронной сети, незначительно отличается от факторного отображения, получаемого методом главных компонент с последующим «варимакс» вращением и имеет тот же интерпретационный характер. В работе проведен численный эксперимент на статистических данных артериальной гипертензии.

Ключевые слова: артериальная гипертензия, факторный анализ, нейронные сети, алгоритм обратного распространения ошибки.

Литература

1. *Иберла К.* Факторный анализ / пер. с нем. В.М. Ивановой; предисл. А.М. Дуброва. М.: Статистика, 1980.
2. *Хайкин С.* Нейронные сети: Полный курс / пер. с англ. Н.Н. Куссуль, А.Ю. Шелестова. 2-е изд., испр. М.: Вильямс, 2008. 1103 с.

УДК 515.816

О.М. Куликова

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия, г. Омск

СЦЕНАРНОЕ СТРАТЕГИЧЕСКОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ: МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ

Аннотация. В статье решена задача разработки алгоритма построения сценарных стратегических планов, целью которых является достижение сложным динамическим объектом поставленных целей управления в условиях высокой неопределенности внешней среды с минимальным использованием имеющихся ресурсов. Изменения внешней среды задаются с помощью сценариев, определяемых изменением значений сценарных факторов. Сценарный стратегический план строится на основании разработанного управленческого решения, представляемого в форме множества базовых и вариативных опционов – возможностей действий, реализуемых в заданные моменты времени при заданных сценариях. Опционы формируются на основании расчета матрицы значений управляемых факторов для каждого момента времени. При построении матрицы значений управляемых факторов может решаться прямая или обратная задача стратегического управления. Прямая задача предполагает расчет целевых показателей на основании значений управляемых факторов. В основе обратной задачи лежит определение значений

управляемых факторов по целевым показателям. В обратной задаче целевые показатели для каждого момента времени либо задаются экспертом или определяются с применением математических методов на основании заданного диапазона допустимых значений управляемых факторов.

Ключевые слова: стратегическое управление, сценарный подход, стратегия, стратегический план.

Литература

1. Казакова Н.А., Александрова А.В., Кондрашева Н.Н., Куратова С.А. Стратегический менеджмент: учебник. М.: ИНФРА-М, 2012. 320 с.
2. Куликова О.М. Алгоритм поддержки принятия оптимальных управленческих решений в условиях неопределенности // Наука о человеке. 2013. № 1 (11). С. 256–260.
3. Иванов В.Н., Куликова О.М., Трофимова Л.С., Фоменко А.А. Ресурсно-информационная теория поддержки принятия управленческих решений в условиях неопределенности и риска. Омск: ОГИС, 2013. 116 с.
4. Казаковцев В.П., Куликова О.М., Овсянников Н.В. Стратегическое управление и разработка инвестиционных проектов в системе здравоохранения // Российская отоларингология. 2014. № 2 (69). С. 39–43.
5. Облой К. Стратегия организации: в поисках устойчивого конкурентного преимущества / пер. с пол. А.Н. Вексин, А.М. Атрашкевич, Н.П. Скибская; науч. ред. Н.Ю. Макаева. Минск: Гревцов Букс, 2013. 384 с.
6. Филимонов В.А. Технологии ситуационного центра для социальной инженерии // Проблемы управления в социальных системах. 2009. Т 1. № 2. С. 63–74.

**ПЛАНИРОВАНИЕ ПОДГОТОВКИ К ЕГЭ
ПО МАТЕМАТИКЕ НА ЗАНЯТИЯХ
В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ**

Единый государственный экзамен начал вводиться в среднюю школу более 10 лет назад. За эти годы структура экзамена по математике постоянно менялась, сохраняя преемственность тематики и уровня сложности заданий. Так изменения в 2015 году, по сравнению с 2014 годом, касаются общей модели экзамена. Теперь он будет проводиться на двух уровнях: базовом и профильном. Базовый уровень представлен впервые и содержит 20 заданий. Профильный уровень сохранил основные идеи 2014 года и содержит 21 задание. Теперь в нем выделены две части. Часть 1 (задания 1–9) проверяет уровень базовой подготовки, часть 2 проверяет уровень профильной подготовки.

Таким образом, базовая общематематическая часть ЕГЭ охватывает все задания базового уровня и значительную часть профильного уровня. Наблюдения за результатами оценивания базовой части в прошлые годы показывают ее особую значимость. Не случайно в последние годы правильное выполнение части В (тогда еще не выделялись базовая и профильная части) оценивалась достаточно высоко: 60–65 баллов из 100 баллов, в то время как повышенной сложности часть С оценивалась лишь 35–40 баллами. За ошибки в первых заданиях части В снималось большее количество баллов, чем за ошибки в остальных заданиях. Необходимость специальной подготовки к выполнению заданий базового уровня усиливается еще двумя факторами: учащиеся просто давно не решали подобные задания (в большинстве своем они не предлагаются в старших классах) и не привыкли к формулировкам заданий базового уровня ЕГЭ. Поэтому возникает потребность в специальной подготовке к базовой части ЕГЭ. А у преподавателя, организующего такую подготовку, возникает проблема оптимального распределения времени на

подготовку учащихся по основным темам экзамена с учетом новых ежегодных изменений в заданиях ЕГЭ. Оптимизационными задачами процесса обучения занимались исследователи Л.Б. Ительсон, Р.В. Майер [1; 2] и другие, однако их исследования не затрагивали вопросы оптимизации распределения времени при повторении школьного курса математики и планировании подготовки учащихся к сдаче ЕГЭ.

Выделим в базовой части двух уровней ЕГЭ две условные составляющие: проверка вычислительных навыков и проверка навыков практического применения математики. Пусть P_1 – развитие вычислительных навыков у учащихся, P_2 – развитие прикладных математических навыков. Очевидно, что при подготовке к ЕГЭ обучение должно быть построено таким образом, чтобы у учащихся одновременно были развиты и базовые вычислительные навыки и прикладные навыки, учитывая, что на формирование прикладных навыков влияет уровень развития вычислительных навыков обучаемых, т. е.

$$P_1 + \phi(P_1) \cdot P_2 \rightarrow \max ,$$

где $\phi(P_1)$ – отражает степень влияния базовых навыков на прикладные навыки.

В соответствии с кодификатором требований [3; 4] к уровню подготовки выпускников выделим следующие проверяемые умения и виды деятельности:

S_1 – умения выполнять вычисления и преобразования,

S_2 – умения решать уравнения и неравенства,

S_3 – умения выполнять действия с функциями,

S_4 – умения выполнять действия с геометрическими фигурами,

S_5 – умения строить и исследовать математические модели,

S_6 – умение использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни.

Через x_i обозначим время, необходимое для отработки заданий соответствующего вида учебной деятельности

$S_i, i = 1, \dots, 6$. Предполагая, что на подготовку базового уровня ЕГЭ отводится T часов времени, получим следующую математическую модель:

$$\begin{aligned} P_1 + \phi(P_1) \cdot P_2 &\rightarrow \max; \\ x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 &\leq T; \\ x_i &\geq 0, i = 1, \dots, 6. \end{aligned}$$

Модель профильного уровня ЕГЭ составляется аналогично, расширяя круг умений и видов деятельности обучаемых.

В работе проведено исследование целевой функции предлагаемой модели. Решение данной задачи позволит дать рекомендации преподавателю для организации повторения школьного курса математики и подготовки учащихся к успешной сдаче ЕГЭ.

Литература

1. *Ительсон Л.Б.* Математические и кибернетические методы в педагогике. М.: Просвещение, 1964. 248 с.
2. *Майер Р.В.* Кибернетическая педагогика: имитационное моделирование процесса обучения: монография. Глазов: Глаз. гос. пед. ин-т, 2014. 141 с.
3. Спецификация контрольных измерительных материалов для проведения в 2015 году единого государственного экзамена по математике. Базовый уровень / Федеральный институт педагогических измерений. URL: http://new.fipi.ru/sites/default/files/document/1410697393/math11_2015.zip (дата обращения: 18.10.2014).
4. Спецификация контрольных измерительных материалов для проведения в 2015 году единого государственного экзамена по математике. Профильный уровень / Федеральный институт педагогических измерений. URL: http://new.fipi.ru/sites/default/files/document/1410697393/math11_2015.zip (дата обращения: 18.10.2014).

S.A. Prohozhiy
Vitebsk State University, Belarus

ON THE VANISHING OF SOLUTIONS OF SOME QUASILINEAR EQUATIONS

We consider the Cauchy problem for the equation

$$u_t = a(u^m)_{xx} + b(u^n)_x - cu^p, \quad (x, t) \in S = \mathbf{R} \times (0; +\infty), \quad (1)$$

with initial data

$$u(x, 0) = u_0(x), \quad x \in \mathbf{R}, \quad (2)$$

where $m > 1 > p > 0$, $n > 1$, a , b , c are positive constants, $u_0(x)$ is a nonnegative continuous function which can be increasing at infinity. Equation (1) is encountered, for example, when simulating a process of diffusion or heat propagation accompanied by convection and absorption. It is parabolic for $u > 0$ and degenerates into a first-order equation for $u = 0$. Due to degeneracy the Cauchy problem (1), (2) can have not a classical solution even when initial data are smooth. That is why we consider generalized solutions of this problem.

Behavior for large values of the time of unbounded generalized solutions of the Cauchy problem (1), (2) with $b = 0$ has been studied in [1] and [2] for $m = 1$ and $m > 1$ respectively. The case $n = (m + p) / 2$ has been considered in [3] in terms of the control theory.

Here we investigate the conditions when the generalized solution of the Cauchy problem (1), (2) vanishes at every point $x \in \mathbf{R}$ in a finite time $T_0(x)$ depending on x . These conditions depend on interrelations between m , n , p . Consider, for instance, the case $n < (m + p) / 2$.

Define the class \mathcal{K} of nonnegative functions $\varphi(x, t)$ which satisfy in arbitrary strip $S_T = (-\infty; +\infty) \times [0; T]$ the following condition

$$\varphi \leq M(\alpha + x^2)^k, \quad 0 \leq k < 1/(m-1). \quad (3)$$

Constants $M > 0$, $\alpha \geq 0$ and k in (3) may depend on φ and T .

Theorem 1. Assume $u_0(x) \in \mathcal{K}$. Then the Cauchy problem (1), (2) has a minimal generalized solution $u(x, t) \in \mathcal{K}$ in S . The generalized solution is unique in the class \mathcal{K} .

Theorem 2. Suppose that $u_0(x) \leq A|x|^{2/(m-p)} + \beta(|x|)$, where $\lim_{|x| \rightarrow \infty} \beta(|x|)/|x|^{2/(m-p)} = 0$ and $0 \leq A < \{c(m-p)^2 / [2m(m+p)]\}^{1/(m-p)}$. Then the generalized solution $u(x, t)$ of the Cauchy problem (1), (2) from the class \mathcal{K} vanishes at every point $x \in \mathbf{R}$ in a finite time $T_0(x)$.

For another interrelations of the powers m, n, p analogous theorems are proved. Certain accuracy of results is shown.

References

1. *Herrero M.A., Velazquez J.J.L.* On the dynamics of a semilinear heat equation with strong absorption // *Comm. Part. Diff. Equat.* 1989. Vol. 14. № 12. P. 1653–1715.
2. *Gladkov A.L.* Behavior of solutions of certain quasilinear parabolic equations with power-type nonlinearities // *Mathematics.* 2000. Vol. 191. № 3. P. 341–358.
3. *Khramtsov O.V.* Relative stabilization of a nonlinear degenerating parabolic equation // *Differential equations.* 2001. Vol. 37. № 12. P. 1736–1741.

УДК 519.2:616.24

B. Rivera, F. Zapata, V. Kreinovich
University of Texas at El Paso, USA

GRANULARITY EXPLAINS EMPIRICAL FACTOR-OF-THREE RELATION BETWEEN PROBABILITIES OF PULMONARY EMBOLISM IN DIFFERENT PATIENT CATEGORIES

Pulmonary embolism: a brief reminder. One of the most dangerous medical conditions is *pulmonary embolism*, a blockage of the main artery of the lung (or one of its branches) which can lead to

collapse and sudden death; see, e.g. [1]. Pulmonary embolism is responsible for about 15% of sudden deaths.

If detected on time, pulmonary embolism can be treated: either by anticoagulation medicine like heparin or warfarin, or – in severe cases – by a surgery. The problem is that pulmonary embolism is difficult to diagnose: lungs are mostly normal, fever is either absent or low-grade, etc.

Scores: a brief description. Since pulmonary embolism is difficult to directly diagnose, hospitals' emergency departments take into account different variables like age, heart rate, different types of pain, etc., to produce a numerical score. A high score indicates a high probability of pulmonary embolism; so, the doctors start applying aggressive treatment to such patients.

One of the most widely used ways to assign scores is known as the *Geneva score*; its latest version is described by [3]. Depending on this score, patients are classified into three categories:

- patients with low scores are classified into the *low-probability* category;
- patients with intermediate scores are classified into the *intermediate-probability* category; and
- patients with high scores are classified into the *high-probability* category.

Scores: empirical fact. According to an empirical study [3]:

- in the low-probability category, approximately 8% of the patients had pulmonary embolism;
- in the intermediate-probability category, approximately 28% of the patients had pulmonary embolism; and
- in the high-probability category, approximately 74% of the patients had pulmonary embolism.

From each category to the next one, the probability increases by a factor of three.

What we do in this talk. Division into categories is a particular case of *granularity*; see, e.g., [4]. In this talk, following ideas from [2], we use granularity techniques to provide a theoretical explanation for the above empirical relation between probabilities.

References

1. *Goldhaber S.Z.* Pulmonary thromboembolism // *Harrison's Principles of Internal Medicine* / ed. by D.L. Kasper, E. Braunwald, A.S. Fauci, S.L. Hauser, D. Longo, J.L. Jameson. Columbus, Ohio: McGraw Hill, 2004. P. 1561–1565.
2. *Hobbs J., Kreinovich V.* Optimal choice of granularity in commonsense estimation: why half-orders of magnitude // *International Journal of Intelligent Systems*. 2006. Vol. 21. № 8. P. 843–855.
3. *Le Gal G., Righinin M., Roy P.M., Sanchez O., Aujesky D., Bouameaux H., Perrier A.* Prediction of pulmonary embolism in the emergency department: the revised Geneva score // *Annals of Internal Medicine*. 2006. Vol. 144. № 3. P. 165–171.
4. *Pedrycz W., Skowron A., Kreinovich V.* (eds.). *Handbook on Granular Computing*. Chichester, UK: Wiley, 2008.
5. *Pregerson B.* *Quick Essentials: Emergency Medicine*. Bel Air, CA: E.D. Insight Books, 2004.

УДК 519.2:681.2

J. Lorkowski, V. Kreinovich
University of Texas at El Paso, USA

HOW TO GAUGE UNKNOWN UNKNOWN: A POSSIBLE THEORETICAL EXPLANATION OF THE USUAL SAFETY FACTOR OF 2

What is a safety factor? When engineers design an accurate measuring instrument, they try their best to make it as accurate as possible. For this purpose, they apply known techniques to eliminate (or at least to drastically decrease) all major sources of error. For example:

- thermal noise can be drastically decreased by cooling,
- the effect of the outside electromagnetic fields can be drastically decreased by barriers made of conductive or magnetic materials,
- the effect of vibration can be decreased by an appropriate suspension, etc.

Once the largest sources of inaccuracy are (largely) eliminated, we need to deal with the next largest sources, etc. No matter how many sources of inaccuracy we deal with, there is always the next one. As a result, we can never fully eliminate all possible sources of inaccuracy.

At each stage of the instrument design, we usually understand reasonably well what is the main source of the remaining inaccuracy, and how to gauge the corresponding inaccuracy. As a result, we have a good estimate for the largest possible value Δ of the inaccuracy caused by this source.

This value Δ , however, does not provide a full description of the measurement inaccuracy. Indeed, in addition to the “known unknown” (the known main source of remaining inaccuracy), there are also “unknown unknowns” – smaller additional factors that also contribute to measurement inaccuracy.

To take these “unknown unknowns” into account, practitioners usually multiply Δ by a larger-than-one factor. This factor is known as the *safety factor*.

A related idea is used when we design engineering objects such as roads, bridges, houses, etc. For example, when we design a bridge, we want to make sure that its deformation caused by different loads does not exceed the limit after which catastrophic changes may occur. For this purpose, we first estimate the deformation caused by the known factors, and then – to be on the safe side – multiply this deformation by a safety factor.

Safety factor of 2 is most frequently used. In civil engineering, a usual recommendation is to use the safety factor of 2; see, e.g., [4].

This value has been in used for more than 150 years: according to [3], the earliest recorded use of this value can traced to a book published in 1858 [2].

This value is also widely used beyond standard civil engineering projects: e.g., it was used in the design of Buran, a successful Soviet-made fully automatic pilotless Space Shuttle [1].

Comment. It should be mentioned that in situations requiring extreme caution – e.g., in piloted space flights – usually, a larger value of safety factor is used, to provide additional safety.

Open problem. The fact that the safety factor of 2 has been in use for more than 150 years shows that this value is reasonable. However, there seems to be no convincing explanation of why this particular value is empirically reasonable.

In this talk, we provide a possible theoretical explanation for this value.

References

1. *Maslova N.B.* Private communication.
2. *Rankine W.J.M.* A Manual on Applied Mechanics. Glasgow, Scotland: Richard Griffin and Company, 1858. P. 274. URL: <https://archive.org/stream/manualappmecha00rankrich#page/n8/mode/1up>.
3. *Smith R.A., Hillmansen S.* A brief historical overview of the fatigue of railway axles // Proceeding of the Institute of Mechanical Engineering. 2004. Vol. 218. P. 267–277.
4. *Ullman D.* Mechanical Design Process. N.Y.: McGraw-Hill, 2009. P. 314–317.

УДК 514

O. Kosheleva

University of Texas at El Paso, USA

HOW TO MAKE ELEMENTARY GEOMETRY MORE ROBUST AND THUS, MORE PRACTICAL: GENERAL ALGORITHMS

At first glance, geometry is very practical. In contrast to more abstract notions of algebra, elementary geometry looks very practical. Many geometric shapes that we study in elementary geometry are frequently encountered in the real world: a sheet of paper is a rectangle, a can is approximately a cylinder, a football is a sphere, etc. Indeed, all the textbooks like to emphasize that the very name of geometry – which, in Greek, means “measuring Earth” – indicate that it started as a very practical discipline. So, at first glance, it looks like geometry is very practical.

In the first approximation, we can indeed apply geometric results to the real world. For example, according to the Pythagoras

Theorem, the hypotenuse c of a right triangle is equal to $\sqrt{a^2 + b^2}$. Thus, if we have a real-life figure of the triangular shape, one of its angles is right, and we know the adjacent sides a and b , then we can use Pythagoras Theorem to compute the length of the third side.

If we have a real-life figure of triangular shape, and we know that its two sides are equal, then we can conclude that the corresponding angles are equal too – thus, it is sufficient to measure just one of these angles.

Elementary geometry is about ideal objects, and real-life objects are not ideal. Elementary geometry is about ideal bodies and shapes, and real-life objects are rarely ideal. In the first approximation, the angle between the lines AB and AC corresponding to points A , B , and C may be close to 90° , but the real-life angle is never exactly equal to 90° , it is usually somewhat different.

Similarly, we may have points A , B , and C for which AB is close to AC , but in real life, the sides AB and AC are never exactly equal.

Need to make elementary geometry more robust and thus, more practical. Elementary geometry states that when the angle is equal to exactly 90° , then $c = \sqrt{a^2 + b^2}$. Traditional elementary geometry, however, says nothing about the cases when the angle is close to 90° .

Intuitively, it makes sense to expect that if the angle is close to 90° , then c should be close to $\sqrt{a^2 + b^2}$, but the traditional elementary geometry results do not tell us how close these two values will be.

Thus, to make elementary geometry more practically useful, it is desirable to make its result more *robust*, i.e., valid even when conditions are only approximately true.

What is known and what we do in this paper. The need to make geometry more robust is well understood. There are many research papers and books that show how to make different *specific* geometric constructions more robust; see, e.g., [1-6].

In this paper, we provide *general* algorithms for generating such robust results.

References

1. *Barber C.B.* Computational Geometry with Imprecise Data and Arithmetic: Ph.D. thesis / Department of Computer Science, Princeton University. Princeton, NJ, 1992.
2. *Mehlhorn K., Yap C.* Robust Geometric Computation. URL: <http://cs.nyu.edu/yap/book/egc/>.
3. *Ratschek H., Rokne J.* Geometric Computations with Interval and New Robust Methods, With Applications in Computer Graphics, GIS and Computational Geometry. Chishester, UK: Horwood Publ., 2003.
4. *Shewchuk J.R.* Adaptive precision floating-point arithmetic and fast robust geometric predicates // Discrete and Computational Geometry. 1997. Vol. 18. P. 305–363.
5. *Shewchuk J.R.* Lecture Notes on Geometric Robustness. URL: <http://www.cs.berkeley.edu/~jrs/meshpapers/robnotes.pdf>.
6. *Schirra S.* Robustness and precision issues in geometric computation // Handbook of Computational Geometry / ed. by J. Sack, J. Urrutia. Amsterdam: Elsevier, 1999.

Секция
«Компьютерные технологии и сети»

УДК 004.415.28+550.385.1

С.Н. Верзунов, Н.М. Лыченко

Кыргызско-Российский славянский университет, г. Бишкек, Кыргызстан

**РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ АНАЛИЗА ГЕОМАГНИТНЫХ ВАРИАЦИЙ
НА ОСНОВЕ ВЕЙВЛЕТ-ТЕХНОЛОГИЙ**

Аннотация. В работе представлены алгоритм и программные средства для анализа геомагнитных вариаций на основе вейвлет-технологий. В качестве исходных данных для отладки и иллюстрации работы разработанной на базе этого алгоритма автоматизированной системы использованы данные интерактивного ресурса по солнечно-земной физике (Space Physics Interactive Data Resource, SPIDR). Алгоритм анализа геомагнитных вариаций включает два этапа: предобработка измерительной информации (интерполирование, исключение тренда) и собственно анализ на основе Фурье и (или) вейвлет-преобразований. Отличительными особенностями при этом являются возможность применения достаточно широкого набора базовых вейвлетов и возможность регулирования параметров преобразования. На примере анализа магнитных вариаций показана эффективность разработанной методики. В частности, было выяснено, что для периода магнитных бурь характерно появление квазипериодических вариаций магнитного поля Земли с периодами в 120 и 30 мин. Разработанная автоматизированная система отличается кросс-платформенностью и может быть также использована для анализа любых одномерных данных, представленных в формате CSV (Comma Separated Value – значения, разделенные запятой).

Ключевые слова: вейвлет-преобразование, цифровая обработка нестационарных неравномерных временных рядов, анализ геомагнитных вариаций, автоматизированная система.

Литература

1. Мандрикова О.В., Смирнов С.Э., Соловьев И.С. Метод определения индекса геомагнитной активности на основе вейвлет-пакетов // Геомагнетизм и аэрономия. 2012. Т. 52. № 1. С. 117–126.
2. Иванов В.В. Вейвлет-анализ как инструмент анализа геомагнитных вариаций: теоретические основы и экспериментальные результаты. // Базы данных, инструменты и информационные основы полярных геофизических исследований: доклады научной конференции. URL: http://www.izmiran.ru/polar2012/ABSTRACTS/Tez_IvanovVV.doc.
3. Мандрикова О.В., Соловьев И.С. Вейвлет-технология анализа вариаций геомагнитного поля // Обработка и передача измерительной информации: доклады 13-й Международной конференции. URL: <http://www.autex.spb.su/dspa/dspa2011/dspa2011-6-2.doc>.
4. Витязев В.В. Вейвлет-анализ временных рядов: учеб. пособие. СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2001.
5. Web Services Guide. REST API v1, v2 / Space Physics Interactive Data Resource. Version 3.0. 2010. URL: <http://spidr.ngdc.noaa.gov/spidr/docs/SPIDR.REST.WSGuide.en.pdf>.
6. Мудров А.Е. Численные методы для ПЭВМ на языках Бейсик, Фортран и Паскаль. Томск: МП «РАСКО», 1991.
7. Cooley J.W., Tukey J.W. An algorithm for the machine calculation of complex Fourier series // Math. Comput. 1965. Vol. 19. P. 297–301.
8. Foster G. Wavelets for period analysis of unevenly sampled time series // Astron. J. 1996. Vol. 112. № 4. P. 1709–1729.
9. Scargle J.D. Wavelet and Other Multi-resolution methods for Time Series Analysis // Statistical Challenges in Modern Astronomy II / ed. by G.J. Babu and E.D. Ferigelson. N.Y.: Springer-Verlag, 1997. P. 333–347.
10. A Practical Guide to Wavelet Analysis Christopher Torrence, Gilbert P. Compo // Amer. Meteor. Soc. In Bulletin of the American Meteorological Society. 1998. Vol. 79. № 1.
11. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения // Успехи физических наук. 1996. Т. 166. № 11.

А.Л. Гуляева

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

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ И СОПРОВОЖДЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ ВУЗА

Аннотация. Процессы автоматизации на современном этапе развития общества проникли во все сферы деятельности человека. Внедрение информационных технологий процедуры автоматизации управления в образовательных учреждениях является одной из приоритетных задач современной системы образования.

Для эффективного управления образовательным процессом создаются и успешно внедряются информационно-аналитические системы. Разработка системы управления научно-исследовательской работы предназначена для студентов и профессорско-преподавательского состава, включающая в себя мониторинг работы студенческого научного общества, управление изданиями, управление дипломным и курсовым проектированием с элементами искусственного интеллекта.

По результатам внедрения информационно-управляющей системы поддержки и сопровождения научно-исследовательской работой университет достигнет следующих результатов:

- будет наблюдаться рост удовлетворенности всех субъектов образовательного процесса;
- будет просматриваться ярко выраженная тенденция инновационного развития всех подсистем на всех уровнях.

В процессе реализации программы развития повысится конкурентоспособность университета в социуме.

Применение данной системы позволит осуществить наилучшим образом организацию научно-исследовательской работы, а также осуществлять мониторинг работы студенческого научного общества, управление изданиями, управление дипломным и курсовым проектированием.

Ключевые слова: информатизация образовательного учреждения, информационно-управляющая система, научно-исследовательская работа.

Литература

1. *Новикова Г.М.* Корпоративные информационные системы: учебное пособие. М.: РУДН, 2008. 94 с.
2. Управление корпоративными ресурсами в информационных системах: монография. СПб.: СПбГИЭУ, 2010. 268 с.
3. *Кривошеенко Ю.В.* Корпоративные информационные системы. М., 2008. 106 с.
4. *Новиков Д.А., Суханов А.Л.* Модели и механизмы управления научными проектами в ВУЗах. М.: Институт управления образованием РАО, 2005. 80 с.

УДК 004.378

Е.А. Козак, Е.В. Шевчук

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

ПРИМЕНЕНИЕ МОБИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА

Аннотация. Настоящее время характеризуется осознанным интересом к повышению качества образования на основе современных средств информатизации. Бурное развитие мобильных технологий непременно влечет за собой их дальнейшее более активное проникновение в образование. Мобильное обучение придает новое качество обучению; наиболее полно отражает тенденции в образовании современного человека, обеспечивая постоянный доступ к информации в любой момент времени; является новым инструментарием в формировании человека информационного общества, в котором формируется новая среда обучения, независимая от места и времени. Современное и своевременное использование мобильных технологий в образовании активизирует познавательный интерес студентов, дает возможность студентам и преподавателям варьировать процесс

обучения по интенсивности, способу получения информации и другим аспектам процесса обучения, снижает ограничения для получения образования вне зависимости от местонахождения с помощью мобильных устройств и технологий. Здесь мы рассматриваем направления использования мобильных технологий в современном высшем образовании. Возможности и достоинства их применения.

Использование мобильных технологий и обучающих приложений позволит совершенствовать педагогический процесс, повысить качество обучения и привлекательность предоставляемых образовательных услуг для студентов вуза. Обучение становится своевременным, достаточным и персонализированным.

Ключевые слова: мобильные технологии, мобильное обучение.

Литература

1. *Виневская А.В.* Использование потенциала информационных технологий в создании мобильной образовательной среды // Концепт. 2012. № 9. С. 78–84.
2. *Голицына И.Н., Половникова Н.Л.* Мобильное обучение как новая технология в образовании // Образовательные технологии и общество. 2011. № 1. С. 241–252.
3. *Иванченко Д.А.* Управление мобильными технологиями в информационном пространстве современного вуза // Высшее образование в России. 2014. № 7. С. 93–100.

УДК 004.51

Н.В. Астапенко, Е.С. Моложенко

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

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ОТДЕЛА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ГУ «ДЕПАРТАМЕНТ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ СКО»

Аннотация. Основная идея проекта заключается в создании информационной системы охватывающей все возможные

методы оценок состояния окружающей среды, реализуя их в максимально интуитивной и простой в использовании оболочке.

Ключевые слова: экологическая экспертиза, система поддержки принятия решений.

УДК 004.422.83

Н.В. Астапенко, А.А. Носов

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

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ «МЕРОПРИЯТИЯ» ДЛЯ САЙТА КАФЕДРЫ ИС

Аннотация. Основная идея проекта заключается в создании web-приложения «Мероприятия», позволяющего автоматически структурировать документы на основе информации, введенной в базу данных преподавателями кафедры ИС.

Ключевые слова: web-приложение, система документооборота, мероприятия.

УДК 004.422.83

Н.В. Астапенко, А.В. Повельев

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

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ «КУРАТОРСТВО» ДЛЯ САЙТА КАФЕДРЫ ИС

Аннотация. Основная идея проекта заключается в создании web-приложения «Кураторство», которое позволит автоматизировано формировать всевозможные документы и отчеты для кураторов групп и деканата.

Ключевые слова: web-приложение, система документооборота.

УДК 004.422.83

Н.В. Астапенко, С.В. Тарасов

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

РАЗРАБОТКА САЙТА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ОРГАНИЗАЦИИ ПРАКТИКИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА

Аннотация. Для повышения качества учебного процесса, в частности качества проведения практики, было решено разработать информационную систему, которая бы обеспечивала студентов во время прохождения практики необходимыми материалами, а также предоставила им online-связь с руководителем практики.

Ключевые слова: информационная система, организация практики, сайт.

УДК 004.422.83

Н.В. Астапенко, Р.К. Шоткин

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

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ «ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ» ДЛЯ САЙТА КАФЕДРЫ ИС

Аннотация. Основная идея проекта заключается в создании web-приложения «Повышение квалификации» для учета и управления отчетными документами, связанными с повышением квалификации профессорско-преподавательского состава вуза.

Ключевые слова: web-приложение, система документооборота, повышение квалификации.

РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ХРАНЕНИЯ НАУЧНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ

Задача поиска научных работ своих коллег для цитирования является достаточно актуальной для преподавателей, аспирантов и студентов российских вузов. Отсутствие единой структурированной базы академических работ и публикаций внутри учебных заведений приводит к усложнению процесса подбора смежных статей для совместных исследований и написания работ внутри одной предметной области.

Нами была поставлена задача разработки информационной системы, позволяющей хранить информацию об авторах, добавленных в систему статьях. Вместе с этим, обязательной была разработка функционала для индексации статей (для реализации были принято решение использовать систему тегов и ключевых слов), а также гибкого поиска научных работ по многим параметрам, в том числе, с возможностью расширения алгоритмов и механизмов поиска. Также были реализованы функции загрузки статей на сервер и скачивания их конечными пользователями. Позже к техническому заданию также были добавлены планы по реализации панели администратора для управления базой данных.

Дизайн пользовательского интерфейса разработанной системы является традиционным для платформы веб. Сайт состоит из нескольких веб-страниц: главная страница (используется для навигации, старта работы с системой и размещения общей информации), регистрация автора статей в системе (с вводом информации о нем), добавления статьи (с внесением данных о публикации: город издания, название издательства, количество страниц, тип статьи и прочая необходимая информация), привязки автора к конкретной статье (для исключения дублирования авторов, а также добавления соавторов к какой-то статье, уже зарегистрированной в системе), страницы поиска (где мож-

но выбрать требуемый алгоритм поиска), страниц конкретного механизма поиска (для введения данных для осуществления поиска, например, выбор автора для поиска статей конкретного преподавателя или аспиранта) и страницы просмотра статьи (статья должна быть уже добавлена в систему, при этом на данной странице отображаются вся информация о статье).

Для реализации данной системы было принято решение использовать стандартный стек веб-технологий для верстки и хранения данных. Для разработки клиентской части использовались: CSS [1], HTML, Bootstrap [2] (верстка), а также Javascript и jQuery [3] (для реализации интерактивных элементов). Сервер использует перспективную асинхронную платформу Node.js [4], MVC фреймворк Express [5], шаблонизатор EJS [6], node-orm-2 [7] для маппинга данных из СУБД в js-объекты. В качестве движка базы данных используется MySQL [8]. Прототип системы хорошо показал себя на практике и был признан достаточно успешным. В качестве планов на будущее можно выделить добавление новых алгоритмов и механизмов поиска, доработка пользовательского интерфейса и увеличение его интерактивности, разработка подсистемы отчетов и сбора аналитики по используемым для цитирования статьям.

Литература

1. Документация W3C CSS 3. URL: <http://www.w3.org/TR/css3-selectors> (дата обращения: 16.10.2014).
2. Документация Bootstrap 3.0.3. URL: <http://bootstrapdocs.com/v3.0.3/docs> (дата обращения: 16.10.2014).
3. Документация jQuery. URL: <http://api.jquery.com> (дата обращения: 16.10.2014).
4. Документация Node.js. URL: <http://nodejs.org/documentation> (дата обращения: 16.10.2014).
5. Документация Express. URL: <http://expressjs.com/4x/api.html> (дата обращения: 16.10.2014).
6. Документация EJS. URL: <https://github.com/visionmedia/ejs> (дата обращения: 16.10.2014).
7. Документация Node-orm2. URL: <https://node-orm.readthedocs.org/en/latest> (дата обращения: 16.10.2014).
8. Документация MySQL. URL: <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.5/en/index.html> (дата обращения: 16.10.2014).

**НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННО-
АНАЛИТИЧЕСКОГО МОДУЛЯ ДОЛГОСРОЧНОГО
ДИСПАНСЕРНОГО НАБЛЮДЕНИЯ ПАЦИЕНТОВ,
ПЕРЕНЕСШИХ ИНФАРКТ МИОКАРДА,
«ИАМ ПИКС»**

Люди, перенесшие инфаркт, подлежат долгосрочному диспансерному наблюдению в поликлиниках. Неудовлетворительное амбулаторное диспансерное наблюдение, вызванное загруженностью персонала, отсутствием (например, отпуск) лечащего врача или нехватка у него должного опыта, частой сменой участковых врачей и сестер и рядом других причин приводит либо к повышенной смертности среди определенной категории больных, либо к повторению тяжелого заболевания. К этой категории относятся 30 % пациентов, которые перенесли инфаркт миокарда, и переносят его вновь в течение ближайших пяти лет.

Наличие в современных поликлиниках самых различных автоматизированных информационных систем, как правило, решает множество важных задач диспансерного наблюдения. Например, таких, как постановка на учет, ведение компьютерной истории болезни (включающей записи лечащего врача, направления на анализы, фотографии, рисунки, графики, данные с комментариями врача), мониторинг изменения определённых параметров пациента, информирование пациента о необходимости сдачи анализа или явки к врачу посредством смс-сообщений. Эти системы содержат информационные (кибернетические) модули, относящиеся к различным заболеваниям и учитывающие специфику работы конкретных специалистов.

Однако известные нам медицинские информационные системы, предназначенные для поликлиник, как и созданная в Омском государственном университете совместно с сотрудниками кафедры пропедевтики внутренних болезней Омской медицин-

ской академии система ИАМ ПИКС, имеют недостатки, устранение которых означает создание кибернетического модуля, в котором:

- накопленная база данные по конкретному пациенту помимо просмотра ее лечащим врачом или назначенным специалистом, которые работает с данным пациентом в режиме ранее установленного графика, предусматривает возможность автоматического анализа накапливаемых данных на основе заложенных в кибернетический модуль экспертных оценок. В этом случае любое угрожающее изменение данных, касающихся состояния пациента, означает автоматическую посылку экстренных сообщений врачу (либо другому врачу, если лечащий врач в данный момент недоступен, или, наконец, вызов скорой помощи), медсестре с приглашением больного на прием (с выбором ближайшего времени приема) и самому пациенту о срочной явке в поликлинику;

- модуль накапливает статистику по всем случаям благополучного выздоровления пациентов, и на ее основе и с учетом экспертных оценок предлагает врачу план наблюдения и лечения пациента. Иначе говоря, модуль собирает статистические данные не только с целью формирования различных отчетов, как это делают существующие информационные системы диспансерного наблюдения, но и с их помощью дает рекомендации по реабилитации и лечению пациентов. Наличие подобных возможностей в кибернетическом модуле позволяет создать систему, которая накапливает «врачебный опыт» параллельно с ростом профессионализма региональных врачей-специалистов. Учет системой экспертных оценок дополняет исходные знания и навыки врачей поликлиники и играет роль своеобразного гаранта, помогающего врачам избежать ошибок за счет сконцентрированного в экспертных оценках опыта предыдущих поколений как региональных врачей, так и все медицины в целом. Очевидно, что данная часть кибернетического модуля должна опираться на достижения в области искусственного интеллекта;

- произведена реализация модуля в виде веб-приложения, доступного как врачу, так и пациенту. Такой подход имеет множество преимуществ. Во-первых, такая электронная карта паци-

ента доступна врачу или медицинской сестре из любого места без установки дополнительного программного обеспечения. Во-вторых, такая электронная карта позволяет пациенту прямо на сайте поликлиники отслеживать процесс своего лечения, а врачу корректировать его по мере необходимости. Намерение реализовать модуль в виде веб-приложения должно опираться на долгосрочный прогноз тенденций развития современных телекоммуникационных технологий и устройств приема и передачи сигналов. В противном случае разработанная система может оказаться непригодной при появлении новой волны изменений в развитии компьютерных технологий и телекоммуникаций.

УДК 004.053

Е.А. Тюменцев

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского

КАРТЫ ШУХАРТА КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ В АКТОРНОЙ МОДЕЛИ

В последние десять лет наблюдается рост интереса к акторной модели написания параллельных приложений [1]. Объяснение этому можно найти в [2]. В [3] было показано, что акторная модель не дедуктивна в том смысле, что вычислительные шаги в данной модели могут не следовать из предыдущих шагов. А значит для поиска и исправления ошибок, повышения надежности работающих приложений требуются иные инструменты, чем в случае последовательных программ. В качестве одного из таких инструментов в библиотеке HWdTech.DS было апробировано применение контрольных карт Шухарта [4].

Контрольные карты были использованы на одном портале бесплатных объявлений с ежедневной посещаемостью в 30 000 посетителей и более тысячи ежедневно размещаемых объявлений.

Благодаря контрольным картам были получены следующие результаты:

1. Снижение количества ошибок при открытии страниц с 7 % до 0,01 %.
2. Уменьшение времени отклика на запросы пользователя с 4,5 с до 0,8 с.
3. Сокращение время определения источников проблем.
4. Обнаружение некоторых видов аномального поведения пользователей.

Литература

1. *Hewitt C., Bishop P., Steiger R.* A universal modular ACTOR formalism for artificial intelligence // IJCAI'73 Proceedings of the 3rd international joint conference on Artificial intelligence. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers Inc., 1973. P. 235–245.
2. *Тюменцев Е.А.* The Actors Model Guide: руководство по разработке серверов и серверных приложений. URL: <http://actorsmodel.ru/glava-1-actori-nachalo/> (дата обращения: 29.10.2014)
3. *Керцнер Г.* Стратегическое планирование для управления проектами с использованием модели зрелости: пер. с англ. М.: Компания АйТи: ДМК Пресс, 2003. 320 с., ил.
4. *Уилер Д., Чамберс Д.* Статистическое управление процессами: Оптимизация бизнеса с использованием контрольных карт Шухарта. М.: Альпина Пабlishер, 2009. С. 310.

Секция
«Аппаратное и программное обеспечение
компьютерного моделирования»

УДК 658.511; 004.056

В.С. Веденеев, И.В. Бычков

Челябинский государственный университет

ПРИМЕНЕНИЕ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ
В РАЗРАБОТКЕ НАУЧНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

Аннотация. Экстремальное программирование – это методология разработки программного обеспечения. Экстремальное программирование позволяет создавать программное обеспечение в течение ограниченного времени и с учетом изменяющихся требований заказчика. Основное направление экстремального программирования – это построение бизнес-систем. Главная особенность бизнес-систем состоит в их максимальной детерминированности, то есть результат вычислений в таких системах может быть заранее просчитан и быть известным. При разработке научного программного обеспечения, которое проверяет ту или иную гипотезу, результат скорее всего будет заранее неизвестен. Применение экстремального программирования при разработке научного программного обеспечения дает возможность быстро и эффективно перестраивать существующий программный код для проверки новых предположений без полного переписывания всей программы. Особенности применения экстремального программирования для разработки такого вида программного обеспечения указаны в настоящей работе.

Ключевые слова: экстремальное программирование, рефакторинг.

Литература

1. *Бек К.* Экстремальное программирование. СПб.: Питер, 2002. С. 79–80.
2. *Фаулер М.* Рефакторинг: улучшение существующего кода. СПб.: Символ-Плюс, 2003.
3. *Кириевски Д.* Рефакторинг с использованием шаблонов. М.: Вильямс, 2006. 400 с.
4. *Мартин Р., Мартин М.* Принципы, паттерны и методики гибкой разработки на языке С#. СПб.: Символ-Плюс, 2011. 768 с.

УДК 519.711.3

А.Р. Нургатин

Челябинский государственный университет

МЕТОД УЛУЧШЕНИЯ АЛГОРИТМА ВИОЛЫ–ДЖОНСА

Аннотация. На данный момент существует множество методов обнаружения объектов на изображении, к примеру метод Виолы–Джонса. Однако практически все эти методы основаны на вычислении свертки с определенным паттерном. Такой подход ведет к существенному возрастанию объема вычислений при увеличении размеров исходной сцены, что делает его малоприменимым в системах реального времени и ограниченных вычислительных мощностях. В статье предлагается метод улучшения алгоритма Виолы–Джонса, позволяющий снизить вычислительные нагрузки без ущерба точности. Для данного метода также показаны результаты тестирования, демонстрирующие его применимость.

Ключевые слова: алгоритм Виолы–Джонса, распознавание образов, обнаружение лиц, системы реального времени.

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Аннотация. В работе предлагается новый подход к решению основных задач вычислительных методов алгебры на основании принципов объектно-ориентированного проектирования и способов создания параллельных алгоритмов. Придерживаясь основных принципов методологии объектно-ориентированного программирования, авторами разработаны иерархии матричных классов и алгоритмов линейной алгебры. Создание конкретного матричного класса сводится к реализации набора операций с элементарными матрицами. Значительная часть операций непосредственно реализуется в верхних матричных классах. Тем не менее, переопределение их в конкретных классах с учетом частных математических свойств, особенностей конкретных структур данных позволяет при необходимости добиться наибольшей эффективности программного кода. Предложенная авторами классификация элементарных матриц определяет базовый набор матричных преобразований, участвующих в методах линейной алгебры. Матричные операции являются базовыми макрооперациями для многих задач линейной алгебры. Поэтому эффективный параллельный алгоритм операций над матрицами позволяет значительно увеличить размерность подобных задач без увеличения времени их решения.

Используя сформированные иерархические структуры, описаны и реализованы алгоритмы распараллеливания основных матричных операций на языке программирования C++ с использованием технологии объектно-ориентированного программирования.

Для анализа времени работы разработанного алгоритма распределенных вычислений был выбран практический подход. Выполнялась серия экспериментов с различными параметрами:

размерность матрицы, количество задействованных потоков. Установлены оптимальные параметры.

Ключевые слова: алгоритмы, параллелизм, программирование, потоки.

Литература

1. Маркова Л.В., Корчевская Е.А., Красоткина А.Н. Объектная реализация методов вычислительной алгебры // Вестник Витебского государственного университета. 2013. Вып. 74. № 2. С. 18–22.

УДК 519.688

И.Е. Евдокимов

НИЦ АО «Вертолётъ России», г. Москва

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРИМЕНЕНИЯ СУПЕРКОМПЬЮТЕРОВ В ИНЖЕНЕРНОМ ДЕЛЕ

Аннотация. В статье проведён анализ различных работ в области прикладного компьютерного моделирования физических процессов. Основное внимание уделено вопросам моделирования газодинамических процессов, имеющих большую вычислительную ёмкость и требующих реализации сложных алгоритмов распределённых вычислений. На примерах двух задач расчёта течения в осевом компрессоре, поставленных в 2009 и 2013–2014 гг. в разных университетах ФРГ, показано почти трёхкратное увеличение ёмкости задачи, а также примерно 14-кратное увеличение задействованных вычислительных ресурсов. Отмечено, что задачи уровня научного университетского исследования 2009 гг. в настоящее время уже являются индустриальными задачами, которые могут быть решены инженерами достаточно высокой квалификации с применением современных расчётных программ и промышленных кластеров.

Помимо особых требований к квалификации инженеров-исследователей, изменение инструментов и подходов к работе отделов информационного обеспечения также требует подготовки особых специалистов в области разработки прикладных

программ для управления кластерами, администраторов вычислительных систем и разработчиков алгоритмов распределённых вычислений.

Помимо вычислительных кластеров, которые уже стали традиционными компонентами любого исследования, связанного с компьютерным моделированием в любой научной области, в статье уделено внимание использованию графических ускорителей (GPU) и технологии CUDA для улучшения качества компьютерных моделей и снижения расходов на вычисления. Были рассмотрены результаты, опубликованные в различных работах в РФ и за рубежом, посвящённые разработке специальных решателей с использованием возможностей GPU.

В частных случаях, разработчикам таких решателей удастся добиться значительных результатов в плане улучшения универсальности своих расчётных программ, благодаря широкому использованию готовых библиотек и метапрограммированию.

Ключевые слова: высокопроизводительные вычислительные системы, кластеры, компьютерное моделирование, инженерный анализ.

Литература

1. FORTISSIMO. Factories of the Future Resources, Technology, Infrastructure and Services for Simulation and Modelling / inSiDE. 2013. Vol. 11. № 2. URL: http://inside.hlrs.de/_old/htm/Edition_02_13/article_11.html.
2. inSiDE 2009. Vol. 7. № 2. URL: http://inside.hlrs.de/assets/pdfs/inside_autumn09.pdf.
3. *Beselt C., Ehrenfried K., Michel U., Peitsch D., van Rennings R., Thiele F.* Numerical simulation of the rotating instability in an axial compressor stator / CEAA Proceedings. 2014. URL: http://ceaa-wimamod.ru/files/ceaa2014/pdfs/CEAA2014_3_1.2_Michel.pdf.
4. HPC Aktivitäten der Abteilung Raumfahrzeuge – Institut für Aerodynamik und Strömungstechnik / Bodo Reimann. 2013. URL: <http://www.t-systems-sfr.com/e/downloads/2013/vortraege/Treimann.pdf>.
5. Computational Fluid Dynamics / NVidia Corp. 2014. URL: http://www.nvidia.com/object/computational_fluid_dynamics.html.
6. *Коромыслов Е.В., Усанин М.В., Гомзиков Л.Ю., Синер А.А.* Расчёт инженерных газодинамических задач методами высокого порядка точности на графических процессорах // Альманах CUDA. 2014. URL: <http://www.nvidia.ru/docs/IO/141194/CUDA-альманах-July-2014.pdf>.

**ПРЕДМЕТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ЯЗЫК
ПРОГРАММИРОВАНИЯ
ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ДЛЯ ТЕСТИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ**

Аннотация. В данной статье обсуждается возможность применения предметно-ориентированного языка программирования для быстрой и эффективной разработки программного обеспечения для автоматизированного контроля параметров электронных устройств, например, радиоприёмных устройств. Предполагается, что для такой проверки необходимо управлять несколькими устройствами: анализаторами, генераторами и т. д.

Рассмотрено применение гипотетического внутреннего DSL (Domain Specific Language, DSL). Внутренний DSL это один из способов использования языка общего назначения. Код во внутреннем DSL это валидный код в языке общего назначения, но использующий только некоторое подмножество возможностей [1]. Предлагается использовать объектно-функциональный язык общего назначения Scala [2].

Благодаря использованию такого гипотетического DSL при разработке ПО для автоматизированного контроля параметров изделий разработчик может сосредоточиться только на бизнес-логике приложения, что позволяет разрабатывать ПО значительно быстрее и эффективнее. Такой результат достигается за счет сокращения количества кода, необходимого для написания ПО и уменьшения сложности разработки благодаря тому, что DSL внутренний и содержит готовые абстракции для решения часто встречающихся задач.

Ключевые слова: программирование, предметно-ориентированные языки, технологическое ПО, автоматизация, автоматизированный контроль параметров

Литература

1. *Fowler M.* Domain-Specific Languages. 1st ed. Addison-Wesley Professional, 2010.
2. *Odersky M., Spoon L., Venners B.* Programming in Scala: A Comprehensive Step-by-Step Guide. 2nd ed. Artima Inc, 2011.
3. Scala Macros: official website. URL: <http://scalamacros.org/> (дата обращения: 26.10.2014).
4. *Miller H., Burmako E., Haller Ph.* Reflection. URL: <http://docs.scala-lang.org/overviews/reflection/overview.html> (дата обращения: 26.10.2014).
5. iText: official website. URL: <http://itextpdf.com/> (дата обращения: 26.10.2014).
6. Java FX 8 / Oracle. URL: <http://docs.oracle.com/javase/8/javafx/get-started-tutorial/jfx-overview.htm> (дата обращения: 26.10.2014).

УДК 658.511+004.056

В.С. Веденеев, И.В. Бычков

Челябинский государственный университет

СИСТЕМА ВЫЯВЛЕНИЯ ИНСАЙДЕРОВ

Аннотация. Описан опыт создания системы выявления инсайдеров на основе сетей Кохонена. Вредоносные действия инсайдеров трудноотличимы от обычных действий пользователя. Выявление инсайдерских атак требует наличия предварительных сведений о нормальной работе пользователей системы. Как правило, такие сведения получаются исключительно эмпирически. В связи с тем, что самоорганизующиеся сети Кохонена имеют возможности кластеризации и как следствие – поиск аномалий, была предпринята попытка использовать математический аппарат нейронных сетей Кохонена для выявления нетипичных действий пользователей КС.

Ключевые слова: самоорганизующиеся сети Кохонена, инсайдер.

Литература

1. *Cappelli DM et al.* The Key to Successful Monitoring for Detection of Insider Attacks. RSA Conference, 2010.
2. *Denning D.E.* An Intrusion-Detection Model // IEEE Transaction on Software Eng. 1987. Vol. SE-13. № 2. P. 222–232.
3. *Even L.R.* Intrusion Detection FAQ: What is a Honeypot? 2000. URL: <http://www.sans.org/security-resources/idfaq/honeypot3.php>.
4. *Spitzner L.* Honeypots: Catching The Insider Threat // Computer-Security Application Conference, 2003. Proceedings, 19th Annual. 2003. P. 170–179.

РАЗРАБОТКА И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ БЕСПРОВОДНЫХ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СЕТЕЙ

Аннотация. В рамках работы выявлена и исследована одна из самых специфичных атак на ad-hoc сети. Атака «Черная дыра» заключается в том, что устройство-злоумышленник маскируется под узел сети, через который проходит кратчайший путь к узлу, информацию от и для которого злоумышленник хочет получить.

Таким образом, в ходе работы разработан и описан собственный метод защиты от атаки "Черная дыра" на беспроводные самоорганизующиеся сети. Предложенный метод учитывает недостатки и минусы уже существующих, и таким образом способен обеспечить безопасность в ad-hoc сетях.

Практическая часть работы заключается в построении макета MANET-сети и проверке на нем работоспособности предложенного метода защиты от атаки "Черная дыра". Построение макета и экспериментальная оценка на нем разработанного метода (на основе подсчета ошибок первого и второго рода) показала его адекватность. Метод защиты от атаки "Черная дыра", предложенный в рамках работы, справляется с задачей предупреждения и предотвращения рассматриваемой атаки.

Ключевые слова: самоорганизующиеся сети, ad-hoc, mesh, безопасность, атака.

Литература

1. *Москвин Д.А., Иванов Д.В.* Исследование безопасности беспроводных самоорганизующихся сетей // *Информация и безопасность.* 2014. Т. 17. № 2. С. 296–299.
2. *Кучерявый А.Е., Прокопьев А.В., Кучерявый Е.А.* Самоорганизующиеся сети. СПб.: Любавич, 2011.

3. *Shree O., Talib M.* Wireless Ad-hoc Network under Black-hole Attack // International Journal of Digital Information and Wireless Communications. 2011. Vol. 1. Issue 3. С. 591–596.
4. *Perkins C.* Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) Routing. 2003. URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt> (дата обращения: 10.05.2014).

УДК 004.942

Л.С. Носов

*Институт точных наук и информационных технологий
Сыктывкарского государственного университета*

ОЦЕНКА ЗАЩИЩЕННОСТИ СВТ ПУТЕМ МОДЕЛИРОВАНИЯ КАНАЛА ПЭМИН

Побочные электромагнитные излучения и наводки (ПЭМИН), создаваемые СВТ (например, узлами и схемами блоками ПЭВМ, коммуникационным и офисным оборудованием), наводятся на сигнальные кабельные линии, линии электропитания и заземления и могут распространяться по ним на большие расстояния. Наводки, если они достаточно высокого уровня, могут также переизлучаться. Наибольшую опасность утечки информации через ПЭМИН представляют узлы и устройства ПЭВМ, обрабатывающие информацию в последовательном коде (VGA, USB, SATA и др.).

В работе предложен подход к оценке защищенности СВТ по каналу ПЭМИН путем численного решения уравнений для электромагнитных волн.

Литература

1. *Зайцев А.П., Шелупанов А.А., Мещеряков Р.В. и др.* Технические средства и методы защиты информации. М.: Машиностроение, 2009. 508 с.

ПРИМЕНЕНИЕ СЕМЕЙСТВ ОРТОГОНАЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ УСТОЙЧИВЫХ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ

Аннотация. Семейства ортогональных функций позволяют кодировать информацию. Идея кодирования состоит в том, чтобы представить исходные данные в виде последовательности битов и вычислить в некоторых точках значения суммы набора функций семейства, умноженных на значения битов исходного сообщения. Данный дискретизированный сигнал может быть декодирован путем численного интегрирования по сохраненным точкам, используя свойства ортогональности. Подобная идея использовалась в [1] для шифрования, также предполагающего обратимое преобразование сообщения.

Полученный описанным образом сигнал достаточно устойчив к искажениям, и поэтому может быть использован для встраивания устойчивых цифровых знаков. В частности, нами было предложено добавлять данный сигнал в частотной области изображения (например, после применения дискретного косинусного преобразования). В данной работе проведено сравнение устойчивости цифровых знаков, построенных на основе нескольких семейств ортогональных функций, включая тригонометрические функции, функции Уолша и многочлены Чебышева и Лежандра. По результатам экспериментов, наиболее устойчивые цифровые водяные знаки были получены на многочленах Чебышева. Кроме того, данные результаты были сопоставлены с известными алгоритмами встраивания ЦВЗ [2–4], исследованными ранее в [5], что позволило сделать вывод о большей устойчивости предложенного метода к определенным искажающим воздействиям.

Ключевые слова: семейства ортогональных функций, цифровые водяные знаки, многочлены Чебышева, функции Уолша, искажающие воздействия.

Литература

1. *Белим С.В., Белим С.Ю.* Шифрование сообщений на основе собственных функций операторов // Математические структуры и моделирование. 2008. № 18. С. 95–97.
2. *Koch E., Zhao J.* Towards Robust and Hidden Image Copyright Labeling // IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing. Halkidiki, Greece, 1995. P. 123–132.
3. *Kutter M., Jordan F., Bossen F.* Digital Signature of color image using amplitude modulation // Proc. of the SPIE Storage and Retrieval for Image and Video Databases V. 1997. Vol. 3022. P. 518–526.
4. *Fridrich J.* Combining Low-Frequency and Spread Spectrum Watermarking // Proc. of the SPIE Conference on Mathematics of Data/Image Coding, Compression and Encryption. 1998. Vol. 3456. P. 2–12.
5. *Илюшечкин Е.А.* Некоторые способы повышения устойчивости цифровых водяных знаков к искажающим воздействиям // Вестник Омского университета. 2013. № 4. С. 217–220.

УДК 004.056.53

Д.М. Бречка, Р.А. Исин, М.В. Шабанов

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ПОИСКА НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ ДОСТУПОВ В МОДЕЛИ TAKE-GRANT

В работах [1–4] предлагаются алгоритмы поиска tg-путей островов, мостов, начальных и конечных пролетов мостов в графе доступов. Для поиска tg-путей предлагается модифицированный алгоритм Дейкстры, для поиска островов – модифицированный алгоритм Флойда, для поиска мостов, начальных и конечных пролетов мостов предлагаются оригинальные алгоритмы, основанные на алгоритмах поиска в глубину и в ширину. Данная работа посвящена программной реализации алгоритмов поиска tg-путей, островов и мостов.

Для реализации алгоритмов поиска несанкционированных доступов было решено использовать объектно-ориентированный подход к программированию. В качестве языка программирования был выбран Java.

Для поиска основных структур в графе доступа было разработано три отдельных приложения, выполненных по общей схеме:

- 1) ввод данных;
- 2) создание графа доступов в памяти компьютера;
- 3) преобразование графа доступов;
- 4) применение соответствующего алгоритма;
- 5) вывод результатов работы.

Приложения различаются на этапах 3 и 4, так как для поиска различных структур в графе доступов, необходимо различное преобразование исходного графа и применение различных алгоритмов.

Данные этапы в приложениях реализуются различными классами. Так поиск tg-пути реализован классом `Dijkstra.java`, поиск островов – классом `Floid.java`, для поиска мостов используется класс `BridgeSearcher.java`.

Помимо классов, реализующих основной функционал, в программных продуктах также используются вспомогательные классы:

1. `Node.java` – описывает узел графа доступов.
2. `Link.java` – описывает связь между вершинами графа.
3. `Input.java` – используется для реализации ввода данных в программу.
4. `Main.java` – служит для связи классов в единую структуру и вывода результатов работы.

Вспомогательные классы одинаковы для всех трех приложений. Ввод данных в программу организуется через файл формата `csv`, содержащий матричное представление графа доступов. Данный файл должен быть подготовлен заранее вручную или с помощью специальных программ. Вывод результатов работы приложения осуществляется в консоль.

Тестирование программных продуктов показало, что производительность алгоритмов имеет экспоненциальную зависимость от количества вершин, что соответствует теоретическим оценкам, приведенным в [1–4].

Литература

1. Бречка Д.М. Алгоритмы анализа безопасности состояний компьютерной системы для модели Take-Grant // Математические структуры и моделирование. 2009. Вып. 20. С. 160–172.
2. Бречка Д.М. Анализ возможности доступа в модели Take-Grant // В мире научных открытий. 2010. № 4 (10). Ч. 4. С. 11–13.
3. Проблемы обработки и защиты информации. Книга 1. Модели политик безопасности компьютерных систем / С.В. Белим, С.Ю. Белим, Д.М. Бречка и др.; под ред. С.В. Белима. Омск: КАН, 2010. 164 с.
4. Бречка Д.М. Алгоритм поиска мостов типа t^* и t^* в графе доступов для дискреционной модели безопасности Take-Grant // Математические структуры и моделирование. 2011. Вып. 23. С. 99–104.

УДК 004.056.53

Д.М. Бречка, К.В. Пугин

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского

ПОСТРОЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ СОГЛАСНО ТРЕБОВАНИЯМ КЛАССА 1Б ФСТЭК НА ОСНОВЕ GENTOO LINUX

На данный момент на рынке существует очень много российских коммерческих автоматизированных систем защиты информации. Только одна из них выполнена на основе ядра Linux (Astra Linux), при этом ядро сильно модифицировано при помощи коммерческих модулей. Но существует возможность построить автоматизированную систему и подготовить ее к сертификации на основе стандартных компонентов с минимальной доработкой.

Для реализации автоматизированной системы было решено использовать Gentoo Linux вследствие простоты модификации данного дистрибутива, а также наличия в нем большого количества security-патчей, реализации которых могут совпадать с требованиями ФСТЭК [1–3].

Основные шаги построения автоматизированной системы:

1. Для построения автоматизированной системы выбирается минимально возможное множество пакетов Gentoo Linux,

обеспечивающее необходимый функционал, из которых создается пакетный репозиторий.

2. На основе пакетов из пакетного репозитория строится формальная модель работы автоматизированной системы, в которой определяются правила разграничения доступа, правила работы с системой ввода-вывода и правила изменений разграничения доступа.

3. На основе репозитория и формальной модели на «реальном железе» собирается автоматизированная система.

4. Собранная система тестируется на соответствие требованиям ФСТЭК.

Был произведен анализ репозитория пакетов Gentoo Linux с целью выбора подмножества пакетов для построения СЗИ. Критериями служили стабильность программного обеспечения и отсутствие перекрытия функционала. Были выбраны следующие основные пакеты:

1. SELinux в режиме MLS. (Для использования MLS совместно с графическим интерфейсом производится доработка политики, в политике по умолчанию графический сервер не запускается.)
2. Для проверки целостности с заданной периодичностью используется реализация ston и доработанная для поддержки хэш-функции ГОСТ утилита oses из дистрибутива AltLinux. Для постоянной проверки целостности используется подсистема ядра IMA.
3. Для подсистемы регистрации и учета используется auditd в комбинации с syslog и SELinux.
4. Для гарантированного уничтожения информации на носителях используется стандартная утилита shred, для очистки ОЗУ – доработанная утилита zmalloc из дистрибутива AltLinux.
5. В качестве рабочей среды используется Openbox и Rcmnfм. Данный выбор сделан в соответствии с принципом легковесности и уменьшения необходимого для анализа кода без ограничения функционала.

Для большого количества пакетов необходима доработка и наложение патчей для выполнения требований ФСТЭК. На данный момент ведется доработка следующих пакетов:

1. Стандартной системы аутентификации. Разрабатывается модуль, который выдает сеансовый пароль при каждом завершении работы, а также производится модификация системы аутентификации `hardened-shadow` для поддержки хэша ГОСТ [4].
2. Системы печати для выдачи учетных карточек и для учета заданий по уровням конфиденциальности. Требования ФСТЭК по присоединению инструкции невыполнимы вследствие секретности инструкции, поэтому ведется доработка системы печати для присоединения любой информации.
3. Разрабатывается модуль ядра, взаимодействующий с криптографической подсистемой ядра и системой мониторинга, для предотвращения незашифрованного вывода информации.
4. Разработан скрипт восстановления и резервного копирования операционной системы на основе штатных утилит ОС Linux (`dd`, `fsarchiver`, `bzip2`).

Для тестирования получившейся системы используется модифицированный пакет тестов `AltLinux`.

Литература

1. Средства вычислительной техники. Защита от несанкционированного доступа к информации. Показатели защищенности от несанкционированного доступа к информации: руководящий документ. URL: <http://fstec.ru/component/content/article/114-tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty/spetsialnye-normativnye-dokumenty/385-rukovodyashchij-dokument-reshenie-predsedatelya-gostekhkommisii-rossii-ot-30-marta-1992-g2> (дата обращения: 19.10.2014).
2. Автоматизированные системы. Защита от несанкционированного доступа к информации. Классификация автоматизированных систем и требования по защите информации: руководящий документ. URL: <http://fstec.ru/component/content/article/114-tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty/spetsialnye-normativnye-dokumenty/384->

rukovodyashchij-dokument-reshenie-predsedatelya-gostekhkommisii-rossii-ot-30-marta-1992-g (дата обращения: 19.10.2014).

3. Защита от несанкционированного доступа к информации. Часть 1. Программное обеспечение средств защиты информации. Классификация по уровню контроля отсутствия недеklarированных возможностей: руководящий документ. URL: <http://fstec.ru/component/content/article/114-tekhnicheskaya-zashchita-informatsii/dokumenty/spetsialnye-normativnye-dokumenty/382-rukovodyashchij-dokument-prikaz-predsedatelya-gostekhkommisii-rossii-ot-4-iyunya-1999-g-n-114> (дата обращения: 19.10.2014).
4. Hash Function: GOST R 34.11-2012. URL: <https://tools.ietf.org/html/rfc6986> (дата обращения: 19.10.2014).

УДК 004.056.5:005.311.7

Т.В. Вахний, А.К. Гуц, С.Ю. Кузьмин

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского

ТЕОРЕТИКО-ИГРОВОЙ ПОДХОД К ПОДБОРУ ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

Работа в глобальной сети интернет связана с постоянными угрозами информационной безопасности. Для защиты данных от вредоносных программ и внешних хакерских атак, использующих уязвимости в программном обеспечении, необходимы, прежде всего, антивирусная система и межсетевой экран. Использовать антивирусную систему со встроенным персональным межсетевым экраном не всегда оказывается предпочтительным решением. В таких случаях становится актуальным вопрос подбора антивирусной системы и межсетевого экрана.

Современные антивирусные системы и межсетевые экраны обладают большим количеством разнообразного функционала и инструментария для решения задач защиты данных, при этом у них могут частично совпадать функциональные возможности. Администратору безопасности среди всего разнообразия представленных на рынке программных продуктов приходится принимать субъективные решения, основываясь лишь на изуче-

нии их описания. В данной работе предлагается применить игровой подход к подбору наиболее оптимального набора антивирусной системы и межсетевого экрана.

Для поиска наиболее оптимальных стратегий защиты информационных ресурсов была проведена математическая игра двух игроков, одним из которых являлась система защиты компьютерной информации, а другим – возможные угрозы безопасности информации. Поскольку целью данной работы являлось определение оптимальной стратегии защиты (такого набора программных продуктов, который обеспечит сведение к минимуму ущерба, нанесенного компьютерной системе), то можно считать, что возможные угрозы злоумышленника направлены на нанесение наибольшего ущерба компьютерной системе. При таком предположении выигрыш хакера будет равен проигрышу администратора безопасности, и можно рассматривать матричную игру двух лиц с нулевой суммой.

В качестве стратегий администратора безопасности будем понимать строки x_i ($i = 1, \dots, n$) (различные средства защиты компьютерной информации) некоторой матрицы (табл. 1), а в качестве стратегий злоумышленника – ее столбцы y_j ($j = 1, \dots, m$) (возможные угрозы безопасности информации). К стратегиям также можно отнести различные сочетания из угроз и различные сочетания средств защиты. Прекращение использования или добавление новой угрозы или средства защиты можно рассматривать как переход от одной стратегии к другой.

Таблица матричной игры

	y_1	y_2	...	y_m
	$p(y_1)$	$p(y_2)$...	$p(y_m)$
x_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1m}
...
x_n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nm}

Для проведения на компьютере игры A надо также знать результаты игры при каждой паре стратегий x_i и угроз y_j

(например, a_{ij} – причинённый ущерб) и вероятности реализации $p(y_j)$ каждой угрозы y_j .

В данной работе коэффициенты матрицы a_{ij} определяли, учитывая только те угрозы, которые пропускались, т.е. не отражались соответствующими средствами защиты. Для определения коэффициентов матрицы игры между угрозами и средствами защиты было протестировано прохождение пакета из 15 тысяч угроз через различные антивирусные системы и межсетевые экраны. Вероятность реализации каждой угрозы $p(y_j)$ определялась как отношение количества угроз данного типа к количеству всех угроз в пакете.

Наилучшей в условиях имеющейся информации об угрозах считалась стратегия системы защиты компьютерной информации, т.е. набор средств защиты, для которой будет минимальна сумма

$$\sum_j a_{ij} p(y_j).$$

На основе описанного подхода было создано программное приложение, которое по введённым значениям стоимости средств защиты, проценту проникновения угроз и величинам вероятностей их реализации вычисляет оптимальный набор средств защиты из имеющихся в распоряжении администратора безопасности программных продуктов.

В реализованном приложении предусмотрено нахождение оптимального набора с возможностью ограничения по стоимости программного обеспечения. Компьютерные эксперименты показали, что среди участвующих в матричной игре антивирусных систем и межсетевых экранов наиболее оптимальным набором оказались Eset Nod 32 и Kaspersky Internet Security. Дальнейшее дополнение матрицы игры другими видами угроз и средствами защиты позволит подобрать наиболее оптимальный набор из большего числа программных средств защиты.

Научное издание

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Сборник материалов
Международной научной конференции

(Омск, 21 ноября 2014 г.)

*Издается в авторской редакции в соответствии с макетом,
предоставленным оргкомитетом.*

Макет подготовлен при участии Издательства ОмГУ

Подписано в печать 18.11.2014. Формат бумаги 60x84 1/16.
Печ. л. 6,0. Усл. печ. л. 5,6. Уч. изд. л. 5,4. Тираж 100 экз. Заказ 203.

*Издательство Омского государственного университета
644077, Омск-77, пр. Мира, 55а
Отпечатано на полиграфической базе издательства ОмГУ
644077, Омск-77, пр. Мира, 55а*