

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Сборник материалов  
VI Международной научной конференции,  
посвященной памяти Б.А. Рогозина

(Омск, 23 ноября 2018 г.)



2018

УДК 004+519+316  
ББК 22.18я43+32.973я43  
М340

*Рецензенты:*

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

Ответственный за выпуск

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

**М340 Математическое и компьютерное моделирование** : сборник материалов VI Международной научной конференции, посвященной памяти Б.А. Рогозина (Омск, 23 ноября 2018 г.) / [отв. за вып. И. П. Бесценный]. – Омск : Изд-во Ом. гос. ун-та, 2018. – 198 с.

**ISBN 978-5-7779-2318-9**

В настоящий сборник включены тезисы докладов, присланные на VI Международную научную конференцию «Математическое и компьютерное моделирование». Она состоялась на факультете компьютерных наук ОмГУ им. Ф.М. Достоевского 23 ноября 2018 г. при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 18-01-20100) и была посвящена памяти омского математика Б.А. Рогозина.

Для магистрантов, аспирантов и научных работников.

**УДК 004+519+316**  
**ББК 22.18я43+32.973я43**

ISBN 978-5-7779-2318-9

© ФГБОУ ВО «ОмГУ  
им. Ф.М. Достоевского», 2018

## Содержание

---

---

### Секция «Математика»

<i>Бородич С.М.</i> О поведении при $t \rightarrow +\infty$ фазовых траекторий одной системы типа «реакция – диффузия».....	11
<i>Витько Е.А.</i> О фиттинговых функторах, определяемых свойствами покрывающих подгрупп .....	13
<i>Гладков А.Л., Кавитова Т.В.</i> Первая начально-краевая задача для нелинейного параболического уравнения с нелинейным нелокальным граничным условием.....	15
<i>Иванова Ж.В.</i> Качественное исследование автономной системы дифференциальных уравнений .....	17
<i>Никитин А.И.</i> Множество разрушения решений начально-краевой задачи для системы параболических уравнений с нелокальными граничными условиями .....	19
<i>Ерovenko В.А., Коваленко Н.С.</i> Существенные спектры линейных операторов и архитектура параллельных вычислительных систем .....	21
<i>Мартон М.В., Гулина О.В.</i> Интеграция высшей математики и компьютерных информационных технологий для подготовки будущих экономистов .....	23
<i>Матейко О.М., Сташулёнок С.П.</i> Построение вероятностно-статистических моделей при изучении курса высшей математики на географическом факультете БГУ .....	26
<i>Михайлова Н.В.</i> Эффективность использования проблемного обучения в математическом образовании студентов инженерных специальностей .....	28
<i>Доненко А.В., Лукьяненко В.А., Доненко И.Л.</i> Нелинейные параболические уравнения в фрактальных дифракционных картинах.....	31
<i>Рабинович Е.В.</i> Влияние внешнего воздействия на систему трех связанных синус-отображений окружности .....	34
<i>Биссенова К.В., Мороз Л.И.</i> Использование аппарата дробного дифференцирования для численного моделирования динамических систем .....	36

<i>Афанасов Л.С., Барабаш Т.К., Масловская А.Г.</i> Мультифрактальный вейвлет-анализ динамических данных физических систем .....	39
<i>Матюшкин И.В.</i> Особенности экспериментальной математики для голоморфной динамики и математический платонизм .....	42
<i>Кожневиков В.С., Матюшкин И.В., Черняев Н.В.</i> Анализ функции надёжности наноразмерных приборов на основе эволюции функции распределения их технических характеристик .....	44
<i>Ермоленко А.В., Осипов К.С.</i> Об одном эффекте в контактных задачах со свободной границей .....	47
<i>Задорожный В.Н., Юдин Е.Б.</i> Исследование графов предпочтительного связывания: новые математические подходы и методы .....	49
<i>Задорожный В.Н., Юдина М.Н.</i> Анализ микровзаимодействий в сложных сетях на основе статистического подхода .....	52
<i>Задорожный В.Н., Захаренкова Т.Р., Маркова М.П.</i> Минимизация потерь в сетях с фрактальным трафиком .....	54
<i>Вдовин И.В., Овчинникова Р.Ю.</i> Построение математической модели задачи о распределении отрезков между прямыми .....	57
<i>Котюргина А.С., Никитин Ю.Б., Федорова Е.И.</i> Математический пакет Maple в курсе высшей математики .....	59
<i>Гринь А.Г.</i> Мах-устойчивые предельные распределения для калибровочных функций от случайных величин .....	61
<i>Володченкова Л.А., Гуц А.К.</i> Моделирование равновесного по Нэш формироваия лесного биоценоза на сплошных выборках.....	63
<i>Гуц А.К., Кабанов А.Н.</i> Пример инвариантного конуса в алгебре Ли, не все автоморфизмы которого являются *-автоморфизмами .....	65

## Секция

### «Кибернетика и моделирование»

<i>Balog I., Carpentier D., Fedorenko A.A.</i> Non-Gaussian fluctuations govern disordered relativistic semimetals.....	67
<i>Dang D.C., Ereemeev A.V., Lehre P.K.</i> Runtime analysis of non-elitist evolutionary algorithms with fitness proportionate selection.....	69

<i>Капран А.С.</i> Моделирование плазменных процессов на основе метода конечных элементов .....	71
<i>Глок Е.С., Мурадилова Г.С.</i> Методы оценивания качества освоения образовательных программ в вузе .....	73
<i>Шевчук Е.В., Шнак А.В.</i> Модель повышения надежности компьютерного теста.....	77
<i>Zakharov P.V., Eremin A.M., Cherednichenko A.I., Starostenkov M.D., Fenskii S.V., Vdovin A.S.</i> Investigation of nonlinear supratransmission in the $A_3B$ stehiometry crystal at intensive external exposure.....	80
<i>Юшкевич П.А., Масловская А.Г.</i> Компьютерное моделирование отклика системы «реакция – диффузия» на динамическое воздействие .....	81
<i>Бухаров Д.Н., Антипов А.А., Истратов А.В., Новикова О.А., Аракелян С.М.</i> Математическое моделирование электропроводности лабиринтных биметаллических нанопленок .....	84
<i>Бородин А.В., Крыловецкий А.А.</i> Использование сверточных нейронных сетей для задачи классификации изображений.....	87
<i>Доненко И.Л., Доненко Л.Н.</i> Компьютерное моделирование фрактальных фотонных кристаллов, полученных в свободном пространстве лазерного поля.....	89
<i>Антоновская О.Г.</i> Метод точечных отображений в моделировании системы с комбинированным частотно-фазовым управлением.....	91
<i>Панкратов И.А.</i> О модификации стандартных решателей OpenFOAM при расчёте обтекания тел простейших форм.....	93
<i>Синадский А.Н., Синадский Н.И., Семенищев И.А.</i> Статистико-событийная модель синтеза биллинговой информации.....	95
<i>Голубятников В.П.</i> Об отображении Пуанкаре в моделях кольцевых генных сетей.....	98
<i>Кириллова Н.Е.</i> О циклах в асимметричных моделях кольцевых генных сетей.....	100
<i>Филимонов В.А.</i> Проблемы сборки субъектов в квантовой кибернетике.....	103
<i>Шовин В.А.</i> Адаптивный фильтр изображений на базе нейронной сети .....	106

<i>Гольцяпин В.В., Диденко Н.А., Глотов А.В., Федорова Т.Н.</i> Исследование синдрома обструктивного апноэ сна с помощью факторных моделей и дисперсионных комплексов .....	107
<i>Надей Е.В., Нечаева Г.И., Совалкин В.И., Гольцяпин В.В.</i> Анализ влияния аллергических триггеров на интенсивность симптомов аллергической бронхиальной астмы и коморбидной с ней патологии с помощью дисперсионных комплексов .....	110
<i>Ольгина И.Г.</i> Математическая модель оптимального выбора из множества потенциальных документов для комплектования библиотечного фонда.....	113
<i>Лавров Д.Н., Харламова М.А., Костюшина Е.А.</i> Модель представления экстралингвистической и тематической разметки в корпусе народной речи .....	115
<i>Бабидорич М.И., Реутова О.А., Демин А.М.</i> Моделирование химико-технологических систем в процессе выполнения пинч-анализа.....	118

### **Секция «Социокibernетика»**

<i>Плащинский П.В., Сташевич О.Н.</i> Язык информационных технологий как средство коммуникативного взаимодействия в компьютерно-математических дисциплинах .....	121
<i>Велько О.А.</i> Проблема методов исследования в социальных науках .....	124
<i>Полежаев В.Д., Юсупова К.О.</i> Моделирование прогнозных зависимостей на основе анализа данных медиаисследований .....	127
<i>Деревянкина П.О.</i> Численная реализация задачи оптимального управления распределением населения по накоплениям .....	130
<i>Горев А.И., Горева Е.Г.</i> О модели достоверности информации .....	131
<i>Смагина Е.В.</i> Зарплатные ожидания студентов факультета компьютерных наук ОмГУ им. Ф.М. Достоевского .....	135
<i>Деревянченко Ю.И.</i> Толерантность и социокультурная идентичность .....	136
<i>Петренко И.А.</i> Концептуальные основы финансовых услуг в системе социального управления.....	138
<i>Шелег Е.Э.</i> Механизмы взаимодействия органов исполнительной власти и некоммерческих организаций .....	140

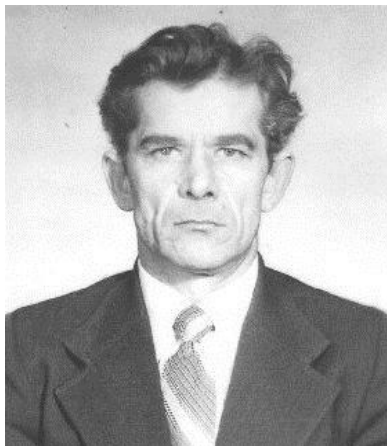
## Секция

### «Компьютерные науки и информационная безопасность»

<i>Баенова Г.М., Жумадилаева А.К.</i> Основные принципы высокопроизводительных вычислений.....	143
<i>Ismukanova A.N., Lavrov D.N.</i> Classification by a simple Bayesian algorithm .....	146
<i>Ismukanova A.N., Lavrov D.N.</i> Python with library for classification of scientific texts .....	150
<i>Фомичева Т.А.</i> Применение нейронных сетей для задач контентного сбора данных.....	153
<i>Есжан Д., Астапенко Н.В.</i> Анализ результатов внедрения web-сайта предприятия ТОО «Образовательный дом «Өзінше» .....	155
<i>Суходолов Д.М., Крыловецкий А.А.</i> Морфологические, цветовые и текстурные признаки в решении задачи классификации изображений зёрен методами глубокого обучения .....	158
<i>Поташикова С.В., Синегубов С.В.</i> Модель защиты персональных данных, размещенных на компьютере.....	160
<i>Чирков В.Е.</i> Структурно-параметрическая модель анализа защищенности проводных сетей связи .....	163
<i>Усов С.В.</i> Математические модели некоторых задач о назначении ролей.....	165
<i>Бречка Д.М., Иванюк Г.Н.</i> Разработка глубокой нейронной сети для определения и анализа потенциально опасных текстов .....	168
<i>Дейнеко Т.А.</i> Переход к автоматизированному составлению расписания учебного процесса в ОмГУ.....	170
<i>Мироненко А.Н.</i> Алгоритм обнаружения вредоносных вставок в Android приложениях .....	172
<i>Кондюрина А.А.</i> Анализ результатов натурального и модельного экспериментов по позиционированию беспроводной точки доступа.....	173
<i>Коляда Н.В., Костюшина Е.А.</i> Оптимизация производительности информационной системы сопровождения учебного процесса ОмГУ .....	175

<i>Гоглачев М.Е., Опарина Т.М.</i> Определение функциональных требований к программному приложению для сбора информации о пользователях социальных сетей .....	178
<i>Вахний Т.В., Гуц А.К., Хейловский Г.В.</i> Применение игровых методов для оптимизации защиты компьютерных систем и сетей.....	180
<i>Осипова Ю.А.</i> Использование словосочетаний при анализе текстов .....	182
<i>Журавлёв В.В.</i> Архитектура приложения, реализующего ДСМ-метод.....	184
<i>Белим С.В., Вильховский Д.Э.</i> Стегоанализ алгоритма Коха-Жао.....	185
<i>Богаченко Н.Ф.</i> Алгоритм определения основных характеристик решетки ценностей по графу доступов.....	188
<i>Бесценный И.П.</i> Применение OLAP в электронном документообороте .....	191
<i>Ангальд Д.Ю.</i> Выявление пропусков, множественных и ошибочных отметок в выборках систем электронного хронометража в режиме реального времени .....	192
<i>Манюкова Н.В., Уразаева Л.Ю.</i> Математическое моделирование в преподавании информационных технологий для бакалавров направления подготовки «Менеджмент» .....	194





### **РОГОЗИН БОРИС АЛЕКСЕЕВИЧ**

**(7.10.1935, г. Вельск Архангельской обл. – 29.10.2004, г. Омск)**

Окончил механико-математический факультет Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова (1958), аспирантуру (1961).

В 1961–1964 гг. работал в Новосибирском государственном университете – в должности ассистента, старшего преподавателя, доцента. С 1964 г. старший научный сотрудник Института математики СО АН СССР. Продолжал по совместительству работать в Новосибирском государственном университете: доцент (1965–1973), профессор (1974–1975), заведующий кафедрой теории вероятностей и математической статистики (с 1975), декан механико-математического факультета (с 1976).

Доктор физико-математических наук (1971), профессор (1974).

Ректор (1979–1988) и заведующий кафедрой математического анализа (1980–1988) Омского государственного университета.

Член парткома ОмГУ, член бюро Советского райкома КПСС, кандидат в члены обкома КПСС, депутат Омского городского Совета народных депутатов.

В 1981–1982 гг. параллельно занимался научной работой в Комплексном отделе Института математики СО АН СССР в Омске. В 1984–1986 гг. – старший научный сотрудник, в 1987–1988 гг. – главный научный сотрудник Омского комплексного отдела Вычислительного центра СО АН СССР (по совместительству). С 1988 г. это основное место его работы.

Внёс крупный научный вклад в теорию вероятностей благодаря исследованиям, связанным с оценками функций концентраций сумм независимых случайных величин. Большое значение имеют его исследования граничных функционалов от случайных блужданий и процессов с независимыми превращениями, а также локальных свойств выборочных траекторий этих процессов. Им получено обобщение теорем Леви–Винера об асимптотическом поведении коэффициентов Фурье. Развитие этих результатов позволило получить новый метод асимптотического анализа поведения мер на бесконечности.

Член ряда советов по защите докторских и кандидатских диссертаций. Автор более ста научных работ.

Дважды был награждён орденом «Знак Почёта» (1976, 1986).

**Секция  
«Математика»**

---

УДК 517.94

**С.М. Бородич**

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

**О ПОВЕДЕНИИ ПРИ  $t \rightarrow +\infty$  ФАЗОВЫХ ТРАЕКТОРИЙ  
ОДНОЙ СИСТЕМЫ ТИПА «РЕАКЦИЯ – ДИФФУЗИЯ»**

Рассматривается система типа «реакция – диффузия»

$$\partial_t u = \Delta u - f(u, T), \quad \partial_t T = \Delta T + g(u, T), \quad (x, t) \in \Omega \times (0, +\infty), \quad (1)$$

с граничными условиями

$$\partial u / \partial \nu|_{x \in \partial \Omega} = 0, \quad \partial T / \partial \nu|_{x \in \partial \Omega} = 0, \quad (2)$$

где  $\Omega$  – ограниченная область в  $\mathbf{R}^n$  с гладкой границей  $\partial \Omega$ ,  $\nu$  – внешняя нормаль к  $\partial \Omega$ .

Предполагается, что  $f(u, T), g(u, T) \in C^1(\mathbf{R}^2)$  и выполнены следующие условия:

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

$$f(u, T)u \geq C_0 |u|^p - C, \quad \tilde{f}(u) \geq -C,$$

$$0 < \varepsilon \leq g(u, T) \leq C \left( \frac{|u|^q}{1 + |T|^{1+\alpha}} + |u| + 1 \right),$$

$$f_u' \xi_1^2 + (f_T' - g_u') \xi_1 \xi_2 - g_T' \xi_2^2 \geq -C |\xi|^2 \quad \text{для всех } \xi = (\xi_1, \xi_2) \in \mathbf{R}^2,$$

$$|f(u, T) - \tilde{f}(u)| \leq k(T)(|u|^{p-1} + 1), \quad |g(u, T) - \tilde{g}(u)| \leq k(T)(|u|^q + 1),$$

где  $C_0 > 0$ ,  $p > 2$ ,  $0 \leq \alpha \leq 1$ ,  $0 < q < \frac{p(1+\alpha)}{2}$ ,  
 $q < \max\left(\frac{n+2}{n-2}, \frac{p(n+2)}{2n}\right)$  при  $n \geq 3$ ,  $k(T) \in C(\mathbf{R})$ ,  $k(T) < C$ ,  
 $k(T) \downarrow 0$  при  $T \uparrow +\infty$ .

Стандартными методами (см. [1; 2]) устанавливается, что задача (1), (2) порождает в пространстве  $E = L_2(\Omega) \times L_2(\Omega)$  полугруппу операторов  $\{S_t, t \geq 0\}$ :

$$S_t : (u_0, T_0) \rightarrow (u(t), T(t)),$$

где  $(u_0, T_0) \in E$ ,  $(u(t), T(t))$  – решение задачи (1), (2) с начальным условием

$$(u(0), T(0)) = (u_0, T_0).$$

Наряду с задачей (1), (2) рассматривается следующая краевая задача

$$\partial_t \tilde{u} = \Delta \tilde{u} - \tilde{f}(\tilde{u}), \quad \partial_t \tilde{T} = \Delta \tilde{T} + \tilde{G}(\tilde{u}), \quad (x, t) \in \Omega \times (0, +\infty), \quad (3)$$

$$\partial \tilde{u} / \partial \nu \Big|_{x \in \partial \Omega} = 0, \quad \partial \tilde{T} / \partial \nu \Big|_{x \in \partial \Omega} = 0, \quad (4)$$

где

$$\tilde{G}(\tilde{u}) = \tilde{g}(\tilde{u}) - (\text{mes } \Omega)^{-1} \int_{\Omega} \tilde{g}(\tilde{u}) dx.$$

Пусть  $V = \left\{ \tilde{T} \in L_2(\Omega) : \int_{\Omega} \tilde{T} dx = 0 \right\}$ ,  $E_1 = L_2(\Omega) \times V$ .

Задача (3), (4) порождает в  $E_1$  полугруппу операторов  $\{\tilde{S}_t, t \geq 0\}$ .

**Теорема 1.** Полугруппа  $\{\tilde{S}_t\}$  обладает максимальным аттрактором  $\mathcal{A} \subset E_1$  (определение см. в [2]).

Пусть  $V^\perp$  – ортогональное дополнение к  $V$  в  $L_2(\Omega)$ . Заметим, что

$$V^\perp = \{ \varphi \in L_2(\Omega) : \varphi = \text{const почти всюду в } \Omega \}.$$

Для произвольного  $T \in L_2(\Omega)$  через  $\langle T \rangle$  обозначим его ортогональную проекцию в  $L_2(\Omega)$  на  $V^\perp$ . Определим отображение  $\pi$  из  $E$  в  $V^\perp$  следующим образом:

$$\pi: (u, T) \rightarrow \langle T \rangle.$$

Через  $\Pi$  обозначим оператор ортогонального проектирования в пространстве  $E$  на подпространство  $E_1$ .

**Теорема 2.** Пусть  $B$  – произвольное ограниченное в  $E$  множество. Тогда

$$\text{dist}_E(\Pi S_t B, A) \rightarrow 0 \text{ и } \inf \pi S_t B \rightarrow +\infty \text{ при } t \rightarrow +\infty,$$

где  $\{S_t\}$  – полугруппа, соответствующая задаче (1), (2),

$$\inf \pi S_t B = \sup\{\lambda \in \mathbf{R} : \pi S_t(u_0, T_0) \geq \lambda \text{ почти всюду в } \Omega \forall (u_0, T_0) \in B\}.$$

### Литература

1. Лионс Ж.-Л. Некоторые методы решения нелинейных краевых задач. М.: Мир, 1972.
2. Бабин А.В., Вишик М.И. Аттракторы эволюционных уравнений. М.: Наука, 1989.

УДК 512.542

***Е.А. Витько***

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

### **О ФИТТИНГОВЫХ ФУНКТОРАХ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ СВОЙСТВАМИ ПОКРЫВАЮЩИХ ПОДГРУПП**

В определениях и обозначениях мы следуем [1].

Класс групп  $U$  называют  $S$ -замкнутым, если из условия  $G \in U$  и  $N$  – нормальная подгруппа группы  $G$ , следует  $N \in U$ ;

$N_0$ -замкнутым, если из условия  $G = N_1N_2$ , где  $N_1, N_2$  – нормальные подгруппы группы  $G$  и  $N_i \in U$  ( $i = 1, 2$ ), следует  $G \in U$ .

Пусть  $U$  – класс конечных групп, который одновременно является  $S$ -замкнутым и  $N_0$ -замкнутым. Все рассматриваемые в работе группы – это группы из класса  $U$ .

Отображение  $f$ , которое каждой группе  $G \in U$  ставит в соответствие некоторое непустое множество ее подгрупп  $f(G)$ , называется фиттинговым  $U$ -функтором, если выполняются следующие условия:

(i) если  $\alpha: G \rightarrow \alpha(G)$  – изоморфизм, то

$$f(\alpha(G)) = \{\alpha(X) : X \in f(G)\};$$

(ii) если  $N$  – нормальная подгруппа группы  $G$ , то

$$f(N) = \{X \cap N : X \in f(G)\}.$$

Фиттингов  $U$ -функтор называется

1) разрешимым, если  $U = S$  – класс всех разрешимых групп;

2)  $\pi$ -разрешимым, если  $U = S^\pi$  – класс всех  $\pi$ -разрешимых групп.

Фиттингов  $U$ -функтор будем называть фиттинговым функтором для случая, когда  $U = E$  – класс всех конечных групп.

Пусть  $X$  и  $Y$  – непустые классы конечных групп,  $f$  – фиттингов  $U$ -функтор,  $F$  – класс Фиттинга.

**Определение.** Фиттингов  $U$ -функтор  $f$  назовем  $(X, Y)$ -фиттинговым функтором, если выполняется следующее условие: если  $G \in U$ ,  $K$  – нормальная подгруппа группы  $G$ ,  $K \in X$ ,  $M$  – подгруппа группы  $G$  такая, что  $K \leq M \leq G$  и  $M/K \in Y$  и некоторая подгруппа  $X \in f(G)$  покрывает  $M/K$ , то

$$f(M) = \{Z \cap M \mid Z \in f(G) \text{ и } Z \text{ покрывает } M/K\}.$$

Произведением фиттинговых  $U$ -функторов  $f$  и  $g$  называется отображение  $f \circ g$ , сопоставляющее каждой группе  $G \in U$  непустое множество подгрупп

$$(f \circ g)(G) = \{X \mid X \in f(Y) \text{ для некоторой подгруппы } Y \in g(G)\}.$$

Доказана

**Теорема.** Пусть  $f, g$  –  $(X, Y)$ -фиттинговы функторы и  $SX = X$ ,  $K$  – нормальная подгруппа группы  $G$ ,  $K \in X$ ,  $M$  – по-

дгруппа группы  $G$  такая, что  $K \leq M \leq G$  и  $M/K \in \mathcal{Y}$  и некоторая подгруппа из множества  $(f \circ g)(G)$  покрывает  $M/K$ . Тогда

$$(f \circ g)(M) \supseteq \{X \cap M \mid X \in (f \circ g)(G) \text{ и } X \text{ покрывает } M/K\}.$$

### Литература

1. *Doerk K., Hawkes T.* Finite Soluble Groups. Berlin; New York: Walter de Gruyter, 1992.

УДК 517.95

*А.Л. Гладков<sup>1</sup>, Т.В. Кавитова<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь

<sup>2</sup>Витебский государственный университет имени П.М. Машиерова,  
г. Витебск, Беларусь

## ПЕРВАЯ НАЧАЛЬНО-КРАЕВАЯ ЗАДАЧА ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОГО ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ С НЕЛИНЕЙНЫМ НЕЛОКАЛЬНЫМ ГРАНИЧНЫМ УСЛОВИЕМ

Рассматривается нелинейное параболическое уравнение

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

с нелинейным нелокальным граничным условием

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

и начальным условием

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

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

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

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

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

$$u_0(x) \in C(\bar{\Omega}), \quad u_0(x) \geq 0, \quad x \in \bar{\Omega}, \quad u_0(x) = \int_{\Omega} k(x, y, 0) u_0^1(y) dy, \quad x \in \partial\Omega$$

$$\text{Пусть} \quad \bar{a}(t) = \sup_{\Omega} a(x, t), \quad \underline{a}(t) = \inf_{\Omega} a(x, t),$$

$\bar{b}(t) = \sup_{\Omega} b(x, t), \quad \underline{b}(t) = \inf_{\Omega} b(x, t), \quad \underline{k}(t) = \inf_{\partial\Omega \times \Omega} k(x, y, t), \quad \lambda_1$  – первое собственное значение задачи

$$\Delta\varphi(x) + \lambda\varphi(x) = 0, \quad x \in \Omega, \quad \varphi(x) = 0, \quad x \in \partial\Omega.$$

Устанавливаются условия, гарантирующие существование и отсутствие нетривиальных глобальных решений начально-краевой задачи (1)–(3). Полученные результаты зависят от поведения переменных коэффициентов при  $t \rightarrow \infty$ . В частности, доказаны следующие утверждения.

**Теорема 1.** Пусть  $\min(r + p, l) > 1$  и выполнены условия:

$$\int_0^{\infty} \bar{a}(t) \exp\left\{- (r + p - 1) \left( \sigma t + \int_0^t \underline{b}(\tau) d\tau \right)\right\} dt < \infty, \quad \sigma < \lambda_1,$$

$$\int_{\Omega} k(x, y, t) dy \leq K \exp\left\{(l - 1) \left( \gamma t + \int_0^t \underline{b}(\tau) d\tau \right)\right\},$$

$$x \in \partial\Omega, \quad t > 0, \quad K > 0, \quad \gamma < \lambda_1.$$

Тогда существуют глобальные решения задачи (1)–(3) при достаточно малых начальных данных.

**Теорема 2.** Если  $\min(r, p) \geq 1$  и

$$\int_0^{\infty} \underline{a}(t) \exp\left\{- (r + p - 1) \left( \lambda_1 t + \int_0^t \bar{b}(\tau) d\tau \right)\right\} dt = \infty$$

или  $l > 1$  и

$$\int_0^{\infty} \underline{k}(t) \exp\left\{- (l - 1) \left( \lambda_1 t + \int_0^t \bar{b}(\tau) d\tau \right)\right\} dt = \infty,$$

то любое нетривиальное решение задачи (1)–(3) обращается в течение конечного времени в бесконечность.



**Ж.В. Иванова***Витебский государственный университет имени П.М. Машерова,  
г. Витебск, Беларусь***КАЧЕСТВЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ  
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ**

Рассмотрим систему дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned}\dot{x} &= cx + ly + a_2x^2 + 2b_2xy + c_2y^2, \\ \dot{y} &= ax + by + a_1x^2 + 2b_1xy + c_1y^2\end{aligned}\quad (1)$$

с действительными коэффициентами и функцию

$$\begin{aligned}F(x, y) &= 2xy(x+y)^2 + \\ &+ [f(x_1, \dots, x_n, t) \equiv f(x, t)x - 2y](x+y)^2 + \delta = 0.\end{aligned}\quad (2)$$

**Теорема 1.** Функция (2) является алгебраическим интегралом системы (1) при следующих значениях коэффициентов системы:

$$\begin{aligned}a_1 &= 0, \quad b_1 = \frac{1}{2}, \quad c_1 = \frac{1}{3}, \quad a = \frac{\alpha}{2}, \quad b = -\frac{4-\alpha}{6}, \\ a_2 &= -\frac{1}{3}, \quad b_2 = -\frac{1}{2}, \quad c_2 = 0, \quad c = \frac{1-\alpha}{3}, \quad l = 1.\end{aligned}$$

В этом случае система (1) имеет особые точки:

$$\begin{aligned}O(0; 0), \quad A &= \left( \frac{\alpha+2}{2}, -\frac{\alpha+2}{2} \right); \\ A_2 &= \left( \frac{1}{16}(\alpha+14+k), -\frac{1}{16}(7\alpha+2-k) \right); \\ A_3 &= \left( \frac{1}{16}(\alpha+14-k), \frac{1}{16}(7\alpha+2+k) \right),\end{aligned}$$

где  $k = \sqrt{\alpha^2 - 68\alpha + 4}$ .

Исследован тип особых точек в зависимости от значений параметра  $f(x_1, \dots, x_n, t) \equiv f(x, t)$ .

1. При  $\alpha \in (-\infty; -2)$  система имеет четыре особые точки: точки  $O, A_1, A_2$  – седла,  $A_3$  – центр.

2. При  $\alpha = -2$  система имеет две особые точки: точку  $O$  – седло, полученное при слиянии трех особых точек  $O, A_2, A_3$ , и точку  $A_1$  – седло.

3. При  $\alpha \in (-2; 34 - 24\sqrt{2})$  система имеет четыре особые точки: точки  $O, A_1, A_2$  – седла,  $A_3$  – центр.

4. При  $\alpha = 34 - 24\sqrt{2}$  точки  $O$  и  $A_1$  – седла, точка  $A_2$  – сложное состояние равновесия с двумя гиперболическими секторами.

5. При  $\alpha \in (34 - 24\sqrt{2}; 34 + 24\sqrt{2})$  система имеет две особые точки:  $O, A_1$  – седла.

6. При  $\alpha = 34 + 24\sqrt{2}$  точки  $O$  и  $A_1$  – седла, точка  $A_2$  – сложное состояние равновесия с двумя гиперболическими секторами.

7. При  $\alpha \in (34 + 24\sqrt{2}; \infty)$  система имеет систему имеет четыре особые точки: точки  $O, A_1, A_3$  – седла,  $A_2$  – центр.

На бесконечности система имеет узлы на концах координатных осей и на прямой  $y = -x$ .

Поведение траекторий системы (1) однозначно определяется характером особых точек в конечной части плоскости и на бесконечности, а также полем направлений данной системы.

### Литература

1. Баутин Н.Н., Леонтович Е.А. Методы и приемы качественного исследования динамических систем на плоскости. М.: Наука, 1990.
2. Яблонский А.И. Алгебраические интегралы одной системы дифференциальных уравнений // Дифференциальные уравнения. 1966. Т. 2, № 3. С. 335–344.

**А.И. Никитин**

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

**МНОЖЕСТВО РАЗРУШЕНИЯ РЕШЕНИЙ  
НАЧАЛЬНО-КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ  
ДЛЯ СИСТЕМЫ ПАРАБОЛИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ  
С НЕЛОКАЛЬНЫМИ ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ**

Рассматривается начально-краевая задача для системы полулинейных параболических уравнений с нелокальными граничными условиями:

$$\left\{ \begin{array}{l} u_t = \Delta u + c_1(x, t)v^p, v_t = \Delta v + c_2(x, t)u^q, x \in \Omega, t > 0, \\ \frac{\partial u}{\partial \eta} = \int_{\Omega} k_1(x, y, t)u^m(y, t)dy, x \in \partial\Omega, t > 0, \\ \frac{\partial v}{\partial \eta} = \int_{\Omega} k_2(x, y, t)v^n(y, t)dy, x \in \partial\Omega, t > 0, \\ u(x, 0) = u_0(x), v(x, 0) = v_0(x), x \in \Omega, \end{array} \right. \quad (1)$$

где  $p, q, m, n$  – положительные постоянные,  $\Omega$  – ограниченная область в  $\mathbb{R}^N$  ( $N \geq 1$ ) с гладкой границей  $\partial\Omega$ ,  $\eta$  – единичная внешняя нормаль к  $\partial\Omega$ .

Будем предполагать, что для задачи (1) выполнено следующее:

$$c_i(x, t) \in C_{loc}^\alpha(\bar{\Omega} \times [0, +\infty)), 0 < \alpha < 1, c_i(x, t) \geq 0, i = 1, 2;$$

$$k_i(x, y, t) \in C(\partial\Omega \times \bar{\Omega} \times [0, +\infty)), k_i(x, y, t) \geq 0, i = 1, 2;$$

$$u_0(x), v_0(x) \in C^1(\bar{\Omega}), u_0(x) \geq 0, v_0(x) \geq 0 \text{ в } \Omega;$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial u_0(x)}{\partial \eta} &= \int_{\Omega} k_1(x, y, 0) u_0^m(y) dy, \quad \frac{\partial v_0(x)}{\partial \eta} = \\ &= \int_{\Omega} k_2(x, y, 0) v_0^n(y) dy \quad \text{на } \partial\Omega. \end{aligned} \quad (2)$$

Пусть  $Q_T = \Omega \times (0, T)$ ,  $S_T = \partial\Omega \times (0, T)$ .

**Определение.** Точку  $x_0 \in \bar{\Omega}$  будем называть точкой разрушения решения  $(u, v)$  задачи (1) при  $t = T$ , если существует такая последовательность  $\{(x_n, t_n)\}$ , что  $x_n \in \Omega$ ,  $t_n < T$ ,  $(x_n, t_n) \rightarrow (x_0, T)$  при  $n \rightarrow \infty$  и

$$\lim_{n \rightarrow \infty} (u(x_n, t_n) + v(x_n, t_n)) = \infty.$$

Множеством разрушения решения называется множество всех точек разрушения.

Начально-краевые задачи для нелинейных параболических уравнений и систем уравнений с нелокальными граничными условиями исследуются многими авторами. В работах [1; 2] для задачи (1) доказано существование локального классического решения, получены достаточные условия существования и отсутствия глобальных решений.

**Теорема.** Пусть  $\max(p, q) \leq 1$ ,  $\max(m, n) > 1$ . Предположим, что  $\inf_{\partial\Omega \times Q_T} k_1(x, y, t) > 0$ , если  $m > 1$ , и  $\inf_{\partial\Omega \times Q_T} k_2(x, y, t) > 0$ , если  $n > 1$ . Тогда решение задачи (1) может разрушаться только на границе  $\partial\Omega$ .

### Литература

1. *Никитин А.И.* Локальное существование решений начально-краевой задачи для системы полулинейных параболических уравнений с нелинейными нелокальными граничными условиями // *Вестник ВДУ.* 2016. № 5. С. 14–19.
2. *Гладков А.Л., Никитин А.И.* О глобальном существовании решений начально-краевой задачи для системы полулинейных параболических уравнений с нелинейными нелокальными граничными условиями Неймана // *Дифференциальные уравнения.* 2018. Т. 54, № 1. С. 88–107.

**В.А. Еровенко, Н.С. Коваленко**

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь*

## **СУЩЕСТВЕННЫЕ СПЕКТРЫ ЛИНЕЙНЫХ ОПЕРАТОРОВ И АРХИТЕКТУРА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Пусть  $T$  – замкнутый линейный оператор на комплексном банаховом пространстве  $X$ . Существенные спектры оператора  $T$  можно определить как дополнения в комплексной плоскости  $S$  множеств, задаваемых различными фредгольмовыми и полужредгольмовыми свойствами или свойствами нормальной разрешимости семейства операторов  $T - \lambda I$ . Функциональные пространства для конкретных дифференциальных уравнений, в которых действуют операторы, соответствующие этим уравнениям, условиями задачи, как правило, однозначно не определяются. Поэтому при исследовании задачи в общей постановке целесообразно оператор рассматривать в различных пространствах.

Среди математических работ по аналитической теории  $L^p$  – спектров дифференциальных операторов можно выделить содержательные пионерские работы по некоторым существенным спектрам. Например, Рота исследовал существенный спектр Голдберга  $\sigma_{e1}(T)$  для обыкновенных дифференциальных операторов в  $L^p$  – пространствах, а Балслев и Гамелин рассмотрели существенный спектр Фредгольма  $\sigma_{e3}(T)$  для некоторых классов обыкновенных дифференциальных операторов в пространствах  $L^p$ ,  $1 < p < \infty$ , и их возмущений, наконец, обобщению этих результатов для различных существенных спектров в  $L^p(a, \infty)$ ,  $1 \leq p \leq \infty$ , полностью посвящена глава VI известной монографии Голдберга [1].

Различные свойства существенных спектров минимальных и максимальных обыкновенных дифференциальных операторов в лебеговых пространствах хорошо исследованы в работе одного из авторов. Кроме того, им найдены, точные формулы для кон-

кретного вычисления наиболее часто встречающихся в математической литературе существенных спектров для конкретных классов различных обыкновенных дифференциальных операторов получены. Например, различные результаты об устойчивости существенных спектров ограниченных линейных операторов в банаховом пространстве описаны в книге первого автора [2].

В указанном вычислительном контексте особую методологическую роль играет архитектура современных вычислительных систем. Вторым автором исследуются числовые характеристики операции разворота циклов и показатели эффективности при их параллельной реализации: общее время выполнения при тиражировании и развороте, коэффициенты ускорения и оптимизации и связь между ними, а также предельные характеристики их поведения. Цикл является одним из фундаментальных операторов, как в теории алгоритмов, так и в программировании и всегда вызывал и вызывает огромный интерес у специалистов, занимающихся проблемами создания высокоэффективных алгоритмов и соответствующих программных реализаций. Интерес к циклическим конструкциям не ослабевает и с появлением суперкомпьютеров и высокопроизводительных систем. При этом появилось целое направление исследований, связанных с эффективным отображением циклических конструкций на различные архитектуры параллельных вычислительных систем.

Это является сейчас мощным источником принципиально новых математических и информационных проблем и задач, связанных с распараллеливанием известных и созданием содержательных алгоритмов, автоматизацией всего процесса распараллеливания программ, их конструирования и их оптимизации, разработки и математической аргументации, а также обоснования новых (параллельных) операторов для языков программирования, приемов ускорения вычислений. В связи с этим происходит процесс создания новых математических моделей и методов решения математических задач, касающихся различных аспектов параллельной обработки данных и организации параллельных вычислений. Кроме того, подробно исследованы числовые характеристики операции разворота циклов и различные показатели эффективности при их параллельной реализации. Эффективность

выполнения циклических конструкций обеспечивается, прежде всего, с помощью преобразований (приемов ускорения вычислений), которые осуществляются, как правило, оптимизирующими компиляторами или непосредственно программистами. Обзор различных преобразований циклов приведен в работе [3].

### **Литература**

1. *Goldberg S.* Unbounded linear operators. Theory and application. McGraw-Hill, 1966.
2. *Ерovenko В.А.* Функциональный анализ: спектральные и фредгольмовы свойства линейных операторов. Минск: БГУ, 2002.
3. *Коваленко Н.С., Венгеров В.Н.* Приемы ускорения вычислений при распределенной и векторно-конвейерной обработках данных // Вестник Могилевского государственного университета им. А.А. Кулешова. Серия В. 2013. № 2. С. 63–70.

УДК 51

***М.В. Мартон, О.В. Гулина***

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь*

## **ИНТЕГРАЦИЯ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ И КОМПЬЮТЕРНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ ЭКОНОМИСТОВ**

Сегодня будущий специалист-экономист должен обладать математическим мышлением, уметь формализовать реальные ситуации; строить математические модели, описывающие поведение конкретных систем; разрабатывать методики и выдвигать гипотезы и идеи для решения различных практических и теоретических задач, поскольку развитие информационного общества тесно связано со становлением «экономики знаний». Обучение современного специалиста-экономиста сегодня требует фундаментальной математической базы: знания основ математического анализа, линейной алгебры, теории вероятностей и математиче-

ской статистики, а также других разделов математики. Использование компьютерных информационных технологий помогает в решении такой задачи. На современном этапе развития компьютерной вычислительной техники пользователю предоставляется возможность отказаться от традиционных подходов к решению задач вычислительного характера, связанных с программированием в системах традиционных алгоритмических языков [1].

Дисциплина «Высшая математика» в системе подготовки экономистов является основой для изучения таких учебных дисциплин, как эконометрика, экономико-математические методы и модели, статистика, микроэкономика, макроэкономика и ряда других, а предлагаемые курсом математические методы активно применяются во всех областях знаний. Применение математического аппарата теории вероятностей и математической статистики позволяет получать наиболее вероятные количественные значения экономических показателей, устанавливать связь между различными случайными параметрами и принимать обоснованные решения в экономике. В настоящее время математико-статистические методы широко внедрились в жизнь благодаря персональным ЭВМ. Статистические программные пакеты сделали эти методы более доступными и наглядными, так как трудоемкую работу по расчету различных статистик, параметров, характеристик, построению таблиц и графиков, в основном, стал выполнять компьютер, а исследователю остается главным образом творческая работа.

На начальном этапе подготовки будущих специалистов экономической сферы наибольшее распространение получил табличный процессор MS Excel. При изучении электронных таблиц рассматриваются основные объекты, инструментальные возможности программы, а также конкретные примеры использования MS Excel в экономике и менеджменте. В дальнейшем полученные знания распространяются на анализ экономической ситуации и выбор оптимального решения из возможных альтернатив, составление финансовой документации и разработку форм для экономических расчетов. Табличный процессор включает в себя программную надстройку «Пакет анализа» и огромную библиотеку функций, среди которых можно отметить: статистические функции, математические функции, финансовые функции, кото-



рые позволяют автоматизировать расчеты, а также на их основе получить графическое представление результатов. При изучении основных понятий и теорем теории вероятностей можно использовать, например, такие встроенные функции MS Excel, как: экспонента, степень, факториал, перестановки, число комбинаций, вероятность и огромное множество других функций. Изучая случайные величины и их характеристики, можно использовать, например, такие статистические функции, как дисперсия, доверительный интервал, медиана, мода, различные виды распределений случайных величин и др. [2].

Приобретенные навыки работы с подобным программным обеспечением предоставляют возможность более быстрого освоения и практического использования других инструментальных средств. В частности, статистических пакетов Statistica, SPSS, Stata, Eviews, а также платформ для бизнес-аналитики Prognoz Platform, Deductor и др. Переход к работе в среде математических пакетов, например Mathematica, MathCADM, MatLab, значительно ускоряет весь процесс реализации расчетов. Определенным преимуществом использования математических пакетов является также отсутствие «программиста» как промежуточного звена между специалистом в области экономики и компьютером. Расчетные проекты, созданные в средах математических пакетов, открыты для анализа, доработки и совершенствования. Это важно в сфере образования, которая является одним из основных «потребителей» математических пакетов.

## **Литература**

1. Математическая подготовка экономистов с использованием информационных технологий / В.П. Грибкова и др. // Информатизация образования 2008. Интеграция инф. и пед. техн.: материалы Межд. науч. конф., г. Минск, 22–25 октября 2008 г. / редкол.: И.А. Новик и др. Минск: БГУ, 2008. С. 135–139.
2. Гулина О.В. Основы математического анализа для экономистов: избранные темы: учебно-методическое пособие для студентов экономических специальностей. Минск: БГУ, 2012. 80 с.

**О.М. Матейко, С.П. Сташуклёнок**

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь*

## **ПОСТРОЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ КУРСА ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ НА ГЕОГРАФИЧЕСКОМ ФАКУЛЬТЕТЕ БГУ**

В курсе «Высшая математика с основами информатики» на географическом факультете БГУ содержится раздел «Основы теории вероятностей и математической статистики». Из-за небольшого количества часов на знакомство с теорией вероятностей не удается уделить должного внимания ее приложениям в географии. У студентов естественно возникает вопрос: «Зачем это надо географам?» Попробуем тезисно ответить на этот вопрос и на некоторые другие.

Как известно, теория вероятностей и математическая статистика занимаются построением математических моделей случайных явлений и используют всю «мощь» математики для исследования свойств этих моделей. Результаты и свойства, полученные при исследовании моделей, переносятся на реальные явления, которые мы моделировали. Так «работает» теория вероятностей. Случайные факторы всецело пронизывают нашу действительность, поэтому было бы излишним обосновывать актуальность этой темы в науках о Земле.

Таким образом, в условиях недостатка времени, существует объективная возможность лишь для изучения основных понятий и методов комбинаторики и теории вероятностей, решения некоторых наиболее существенных задач, которые иллюстрируют методы теории вероятностей в науках о Земле (см., например, [1]).

Перед специалистом-географом может возникать необходимость заняться построением вероятностно-статистических моделей, и он в этом случае может обратиться к математику. Но, чтобы состоялся предметный и понятный сторонам разговор, необходимо

хотя бы минимальное владение основными понятиями теории вероятностей, математической и прикладной статистики. И тогда появляется робкая надежда, что развитие наук о Земле не будет тормозиться недостаточной компетентностью специалистов-географов в теории вероятностей и математической статистике. С другой стороны, в группе студентов-географов, изучающих высшую математику, обычно находятся несколько человек, которые, обладая основательной подготовкой в области наук о земле, проявляют глубокий интерес к математике вообще и к вероятностно-статистическим методам в географии, в частности. Эти люди как правило становятся исследователями и, мы смеем надеяться, смогут использовать математику как один из инструментов для своих исследований. Таким студентам можно дополнительно порекомендовать практикумы, учебники и задачки по теории вероятностей, которые адресованы студентам математических факультетов университетов (см., например, [2; 3]).

В заключение рассмотрим конкретный пример.

**Задача.** Вероятность пересыхания реки в засушливый сезон каждого года составляет 0,2. Найти ожидаемое число случаев пересыхания реки за двадцатилетний период.

**Решение.** Пусть  $X$  – число случаев пересыхания реки за двадцатилетний период. Эта случайная величина имеет биномиальное распределение с  $n = 20$  и  $p = 0,2$ . Ожидаемое число случаев пересыхания реки равно  $M(X) = np = 20 \cdot 0,2 = 4$ .

### Литература

1. Матейко О.М., Таныгина А.Н. Высшая математика для географов: учеб. пособие: в 2 ч. Минск: БГУ, 2012–2013. Ч. 1. 2012. 271 с.; Ч. 2. 2013. 175 с.
2. Лазакович Н.В., Сташулёнок С.П., Яблонский О.Л. Теория вероятностей: учебник. 3-е изд., с изм. Минск: БГУ, 2013. 335 с. (Классическое университетское издание).
3. Теория вероятностей: практикум: в 2 ч. / под ред. Н.В. Лазаковича. Минск: БГУ, 2011–2014. Ч. 1. 2011. 147 с.; Ч. 2. 2014. 175 с.

*Н.В. Михайлова*

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

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ  
В МАТЕМАТИЧЕСКОМ ОБРАЗОВАНИИ СТУДЕНТОВ  
ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ**

С учетом социокультурного кризиса в проблемном поле математического образования студентов технического университета, педагогические инновации в математическом образовании должны быть методологически продуманными и «научно обоснованными», чтобы они вели к созиданию и улучшению учебного процесса, а не разрушению образования. К инновационным методам вполне можно отнести проблемную лекцию по высшей математике, в ходе которой преподаватель изначально обозначает проблемы, а затем, используя способности интуитивного мышления студентов, раскрывает через систему математических доказательств обоснованные способы решения проблемной задачи с помощью совместной деятельности преподавателя и мотивированных студентов, объединивших свои усилия на достижениях общих целей.

Эффективность проблемного обучения студентов-инженеров высшей математике связана с методами проблемно-ориентированного обоснования математических теорий. По существу, они отражают новый взгляд на проблему обоснования работающего математика, который отличается от классической философии математики, поскольку исследование обоснования в терминах задачи многоаспектно в том смысле, что задача может быть сформулирована в уже известных терминах, а может возникнуть проблемная ситуация, для которой нет еще подходящих математических понятий [1]. Для математики методологическая суть проблемного обучения означает, что никакая часть математики не обладает осо-

быми преимуществами, так как каждое ее направление основано на выявлении тех задач, которые демонстрирует особую надежность своих решений, свободных от возможных противоречий.

Кроме того, с прагматической точки зрения уровень «проблемности» в математике должен быть методологически «разумным», чтобы эффективное разрешение возникающих при обучении проблемных ситуаций соответствовало математической подготовке и интеллектуальным возможностям студентов, что зависит как от подачи нового материала, так и квалификации преподавателя математики. Это важное замечание отчасти характеризует методологические трудности обнаружения ключевого неизвестного в проблемной ситуации, поскольку педагогический процесс его поиска не всегда является итогом исключительно дедуктивно-логических преобразований. Прагматический характер преподавания математики студентам инженерных специальностей позволяет говорить о различных уровнях строгости изложения, отражающим связь курса высшей математики с тем, для чего он практически адресован.

Общепринятого ответа на вопрос, что же представляет собой проблемное обучение, пока нет. Тем не менее, воспользуемся следующим определением: «Проблемное обучение – это такая модель обучения, характеризующаяся организацией преподавателем относительно самостоятельной поисковой деятельности, при которой обучающиеся усваивают новые знания, умения и развивают общие способности, а также исследовательскую активность, формируют творческие умения» [2, с. 183]. Возникающие в таком обучении проблемные ситуации характеризуют некоторое «психологическое состояние затруднения», при котором трудно решить задачу при имеющихся знаниях.

Несмотря на широту концептуального прагматизма современного математического образования, конкретное представление о методологических основаниях преподавания высшей математики в техническом университете связано с анализом методологических проблем понимаемого обучения разделов математики, так как знать и понимать в математике это не одно и то же. В контексте проблемных ситуаций, в выстроенной системе математических задач, методологически важным становится вопрос о

том, что следует взять за основу философско-методологического анализа образовательной проблематики в условиях непонимания математики значительной частью отдельных студентов университета, которые могут быть вполне успешными в других науках.

Сущность проблемного обучения математике традиционно раскрывается переводом с греческого слова «проблема», что означает «задача, вопрос», – это «проблемная ситуация», образовательный эффект реализации которой не имеет однозначного решения [3]. В таком контексте основная цель проблемного обучения математике состоит не только в пробуждении интереса студентов к занятиям по высшей математике, но и в направлении их на самостоятельные поиски истины при решении проблемно-ориентированных задач, используя для этого собственные интеллектуальные и эмоциональные ресурсы.

Эффективность проблемного обучения студентов-инженеров зависит еще от сотрудничества преподавателя и студента как необходимого условия внедрения проблемного обучения математике и от степени мотивации при обсуждении разных проблемных ситуаций, учитывающей психологические затруднения такого проблемного обучения. Важнейшим условием осознания методологических перемен в проблемном поле математического образования является готовность преподавателей математики к принятию нововведений технологий мышления в математической и образовательной рефлексии, которые отличаются от «накачивания» знаниями, не дающего ответа на важные вопросы «зачем это надо знать?» и «как можно это применять?».

### **Литература**

1. Михайлова Н.В. Концепция обоснования современной математики с критической точки зрения методологического прагматизма // Сибирский философский журнал. 2017. Т. 15. № 4. С. 19–29.
2. Лунгу К.Н. Формирование приемов учебной деятельности студентов при проблемном обучении математике // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: психология и педагогика. 2007. № 3–4. С. 182–188.
3. Михайлова Н.В. Методологический прагматизм проблемно-ориентированного обучения математике // Математические структуры и моделирование. 2018. № 1. С. 30–36.

*А.В. Доненко, В.А. Лукьяненко, И.Л. Доненко*

*Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского,  
г. Симферополь, Россия*

## **НЕЛИНЕЙНЫЕ ПАРАБОЛИЧЕСКИЕ УРАВНЕНИЯ В ФРАКТАЛЬНЫХ ДИФРАКЦИОННЫХ КАРТИНАХ**

В ходе данной работы были рассмотрены и решены параболические уравнения для нелинейного формирования фрактальных дифракционных картин полученных на кафедре общей физики, физико-технического института Крымского федерального университета им. В.И. Вернадского.

В работе [1] были рассмотрены теоретические и экспериментальные аспекты оптической дифракции Фраунгофера от фрактальных объектов типа ковер Серпинского, треугольник Серпинского и спиралевидного транспаранта  $L = +1$ . Дифракционная картина Фраунгофера, возникающая в плоскости наблюдения, является результатом оптического преобразования Фурье решетки с фрактальным узором. Пусть решетка освещается сферической волной, падающей на экран, тогда амплитуда распространяющейся волны перед решеткой:

$$A(x, y) = A_0 \exp\left[\frac{i\pi}{\lambda d}(x^2 + y^2)\right]. \quad (1)$$

В плоскости решетки амплитуда принимает другое значение:

$$A'(x, y) = A(x, y)T(x, y), \quad (2)$$

где  $T(x, y)$  обозначает функцию пропускания решетки. В плоскости наблюдения амплитуда волны [2], дифрагировавшей на решетке, определяется дифракционной формулой Френеля:

$$A(u, v) = \frac{A_0}{i\lambda d} \exp\left[\frac{i\pi}{\lambda d}(u^2 + v^2)\right] \times \\ \times \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} A'(x, y) \exp\left[\frac{i\pi}{\lambda d}(x^2 + y^2)\right] \exp\left[-\frac{2i\pi}{\lambda d}(ux + vy)\right] dx dy. \quad (3)$$

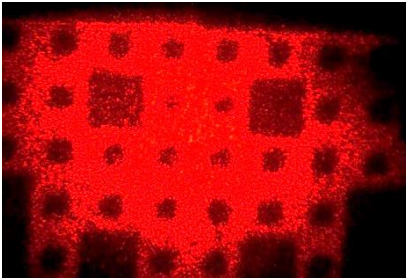
После замены  $A'(x, y)$  формула (3) принимает вид:

$$A(u, v) = \frac{A_0}{i\lambda d} \exp\left[\frac{i\pi}{\lambda d}(u^2 + v^2)\right] \times \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} T(x, y) \exp\left[-\frac{2i\pi}{\lambda d}(ux + vy)\right] dx dy \quad (4)$$

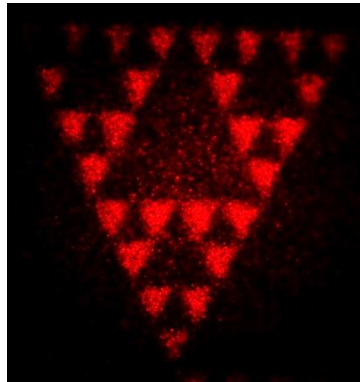
или

$$A(p, q) = \frac{A_0}{i\lambda d} \exp\left[i\pi\lambda d(p^2 + q^2)\right] \times \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} T(x, y) \exp\left[-2i\pi(px + qy)\right] dx dy, \quad (5)$$

где  $p = u/\lambda d$ ,  $q = v/\lambda d$  – пространственные частоты,  $d$  – расстояние от решетки до плоскости наблюдения,  $\lambda$  – длина волны падающего излучения. Без множителя  $\exp\left[i\pi\lambda d(p^2 + q^2)\right]$ , определяющего фазу волны, уравнение (5) представляет собой Фурье-преобразование функции пропускания  $T(x, y)$  решетки [2]. Экспериментально полученные фрактальные дифракционные решетки приведены на рис. 1–3.

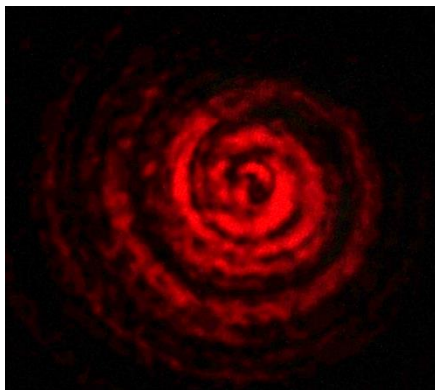


**Рис. 1.** Фрактальная дифракционная картина полученная для ковра Серпинского



**Рис. 2.** Фрактальная дифракционная картина полученная для треугольника Серпинского





**Рис. 3.** Фрактальная дифракционная картина полученная для спиралевидного транспаранта с зарядом  $L = +1$

Решение нелинейных параболических уравнений для данных типов фрактальных дифракционных картин позволяет глубже понять физический смысл данных фрактальных дифракционных картин, а также дает возможность их воссоздать в каждый промежуток времени.

### **Литература**

1. *Доненко И.Л.* Фрактальное отображение полей многомодовых оптических волокон. Симферополь: КФУ им. В.И. Вернадского, 2017.
2. *Лукьяненко В.А., Доненко А.В.* Нелинейные параболические уравнения и их приложения. Симферополь: КФУ им. В.И. Вернадского, 2017.

***Е.В. Рабинович***

*Новосибирский государственный технический университет,  
г. Новосибирск, Россия*

## **ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА СИСТЕМУ ТРЕХ СВЯЗАННЫХ СИНУС-ОТОБРАЖЕНИЙ ОКРУЖНОСТИ**

С появлением лечебных методов биоэлектронной медицины, в которой электрическое воздействие на организм заменяет фармакологическое, актуально построение адекватных биофизических и математических моделей.

Ряд моделей рассматривает человеческий организм с позиций теории открытых нелинейных динамических систем. Особое внимание уделяется хаотическим моделям, чувствительным к слабым воздействиям [1; 2]. В частности моделирование производится на основе динамических систем, образованных из взаимосвязанных диссипативных структур (ДС), предложенных И. Пригожиным для неравновесных термодинамических систем. Такие модели оперируют циклическими изменениями состояний организма человека, исходя из режимов динамики водных ДС организма.

Анализ динамики такой модели позволяет определять состояния каждой структуры и оказывать на её эволюцию необходимое воздействие. Коррекция эволюции ДС может быть осуществлена при помощи изменения величины динамических управляющих параметров и коэффициентов связи между ДС [3], а также за счёт внешнего воздействия.

Проведено исследование влияния внешних воздействий  $F_i = A_i \sin(2\pi f_i t)$  на динамическую систему, состоящую из трех связанных осцилляторов – ДС, представленных – дискретным синус-отображением окружности (ДСОО)  $g$ :

$$g(\varphi_{i,n}) = \varphi_{i,n} + \Omega_i + \frac{K_i}{2\pi} \sin(2\pi\varphi_{i,n}) \pmod{2\pi}, \quad i = 1, 2, 3;$$

$$\begin{aligned}
\varphi_{1,n+1} &= g(\varphi_{1,n}) + L_{12}(g(\varphi_{2,n}) - g(\varphi_{1,n})) + S_{12}(\varphi_{2,n} - \varphi_{1,n}) + \\
&\quad + L_{31}(g(\varphi_{3,n}) - g(\varphi_{1,n})) + S_{31}(\varphi_{3,n} - \varphi_{1,n}) + F_1; \\
\varphi_{2,n+1} &= g(\varphi_{2,n}) + L_{23}(g(\varphi_{3,n}) - g(\varphi_{2,n})) + S_{23}(\varphi_{3,n} - \varphi_{2,n}) + \\
&\quad + L_{12}(g(\varphi_{1,n}) - g(\varphi_{2,n})) + S_{12}(\varphi_{1,n} - \varphi_{2,n}) + F_2; \\
\varphi_{3,n+1} &= g(\varphi_{3,n}) + L_{31}(g(\varphi_{1,n}) - g(\varphi_{3,n})) + S_{31}(\varphi_{1,n} - \varphi_{3,n}) + \\
&\quad + L_{23}(g(\varphi_{2,n}) - g(\varphi_{3,n})) + S_{23}(\varphi_{2,n} - \varphi_{3,n}) + F_3.
\end{aligned}$$

Здесь  $\varphi_{i,n+1} = g(\varphi_{i,n})$  – фаза колебания  $i$ -го ДСОО,  $L$  и  $S$  – соответствующие коэффициенты инерционной и диссипативной связи между отображениями,  $\Omega_i$  – фаза собственной частоты колебания  $i$ -й ДС,  $K_i$  – ее управляющий параметр.

Исследования проводились на основе карт динамических режимов, где на плоскости параметров системы режимы отображаются отдельным цветом. Длительности внешних воздействий определялись временем формирования карты динамического режима (числом итераций отображения  $n = 1000$ ).

На рис. 1 изображены фрагменты карт динамических режимов системы для нормированных управляющих параметров  $K_1$  и  $\Omega_1$  без внешнего воздействия; при искажающем внешнем воздействии ( $f_2 = 80.85 \times 10^{12}$  Гц) на 2-ю ДС; при восстанавливающем воздействии ( $f_1 = 40266.20 \times 10^{12}$  Гц) на 1-ю ДС.

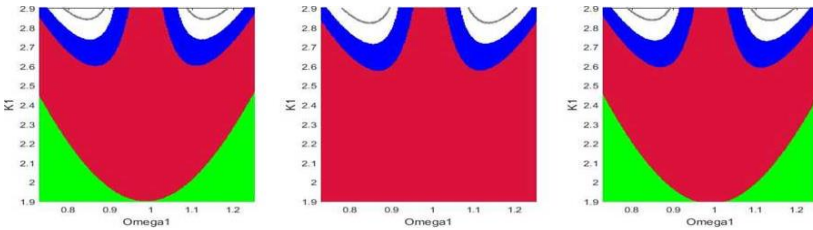


Рис. 1

На рис. 2 изображены фрагменты карт динамических режимов системы для нормированных управляющих параметров  $K_1$  и  $K_2$  в исходном состоянии при  $K_3=1$ ; при измененном параметре  $K_3 = 2$ ; при восстанавливающих внешних воздействиях на 1-ю ДС ( $f_1 = 92.31 \times 10^{12}$  Гц) и на 3-ю ДС ( $f_3 = 178.25 \times 10^{12}$  Гц).

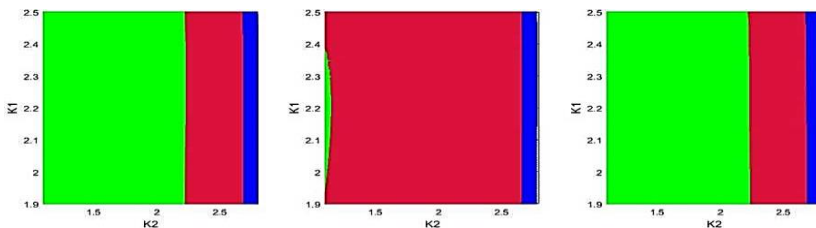


Рис. 2

## Литература

1. Гласс Л., Мэки М. От часов к хаосу. Ритмы жизни. М.: Мир, 1991. 248 с.
2. Goldberger A.L. Nonlinear dynamics, fractals, and chaos: applications to cardiac electrophysiology // Ann. Biomed. Eng. 1990. V. 18, no. 2. P. 195–209.
3. Рабинович Е.В. Особенности динамики системы трех связанных синус-отображений окружности // Математическое и компьютерное моделирование: материалы Международной конференции. Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2016. С. 40–42.

УДК 51-7:519.6

**К.В. Биссенова, Л.И. Мороз**

*Амурский государственный университет, г. Благовещенск, Россия*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АППАРАТА ДРОБНОГО ДИФФЕРЕНЦИРОВАНИЯ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

В настоящее время теория дробного дифференцирования применяется для описания самоподобных процессов и явлений в различных прикладных областях [1]. Данный подход представляет чувствительный инструмент математического моделирования сложнейших динамических процессов в обычных и фрактальных средах, а также для описания систем с памятью. Цель работы заключалась в исследовании, построении вычислительной схемы и программной реализации динамической системы в

постановке дробно-дифференциальной системы уравнений на примере фрактальной модели финансовой системы. Модель финансовой системы задается системой дифференциальных уравнений с начальными условиями [2], тогда ее дробно-дифференциальный аналог будет иметь вид:

$$\begin{cases} \frac{d^\alpha x}{dt^\alpha} = z + (y - a) \cdot x, \\ \frac{d^\alpha y}{dt^\alpha} = 1 - b \cdot y - x^2, \\ \frac{d^\alpha z}{dt^\alpha} = -x - c \cdot z, \end{cases}$$

или 
$$\begin{aligned} & x = X^1, \\ \frac{d^\alpha X}{dt^\alpha} &= F(X, t), \quad y = X^2, \quad X_0^1, X_0^2, X_0^3 \text{ при } t = t_0, \\ & z = X^3. \end{aligned} \quad (1)$$

где  $x$  – ключевая ставка;  $y$  – валовое накопление основного капитала;  $z$  – индекс потребительских цен;  $a \geq 0$  – величина сбережений,  $b \geq 0$  – стоимость инвестиции,  $c \geq 0$  – эластичность спроса коммерческих рынков.

Проведем анализ задачи (1) на устойчивость с использованием критерия Рауса–Гурвица. Зафиксируем значения параметров  $c = 1$ ,  $b = 0.1$  и будем исследовать устойчивость в зависимости от значения параметра  $a$ . Установлено, что при  $a \geq 9$  система имеет одну точку равновесия  $M_1(0, 1/b, 0)$  – решение асимптотически устойчиво, а при  $a < 9$  – три особые точки – решение неустойчиво:

$$M_1(0, 1/b, 0), \quad M_{2,3}\left(\pm\sqrt{1-ab-b/c}, 1/c+a, \mp\sqrt{1-ab-b/c}/c\right).$$

Для реализации модели в постановке (1) можно использовать предикт-корректорную вычислительную схему [3], сконструированную с использованием формулы Грюнвальда-Летникова для численной аппроксимации производной дробного порядка на временной сетке:

$$\tilde{X}_{i+1}^k = \Gamma(1) \left( h^\alpha F^k(X_i, t_i) - \sum_{j=1}^{i+1} \gamma_j^\alpha X_{i-j+1}^k \right), \quad i = \overline{0, N},$$

$$X_{i+1}^k = \Gamma(1) \left( h^\alpha F^k(\tilde{X}_{i+1}^k, t_{i+1}) - \sum_{j=1}^{i+1} \gamma_j^\alpha X_{i-j+1}^k \right), \quad i = \overline{0, N},$$

$$\omega = \{t_i = ih, i = \overline{0, T}\},$$

где  $h$  – шаг по времени;  $\Gamma(\alpha)$  – гамма-функция Эйлера.

Вычислительная схема (2) для модели (1) была реализована в ППП Matlab. Проведена серия модельных экспериментов при варьировании параметров модели для следующих значений:  $c = 1$ ,  $b = 0.1$ ,  $a = 3$  и  $a = 10$ ,  $\alpha = 0.9$ . Установлено, что при  $a = 3$  модель имеет неустойчивое решение и обнаруживает хаотическое поведение. На рис. 1, а показана динамика показателей и на рис. 1, б – трехмерная фазовая диаграмма состояния модели для фиксированного набора характерных параметров модели.

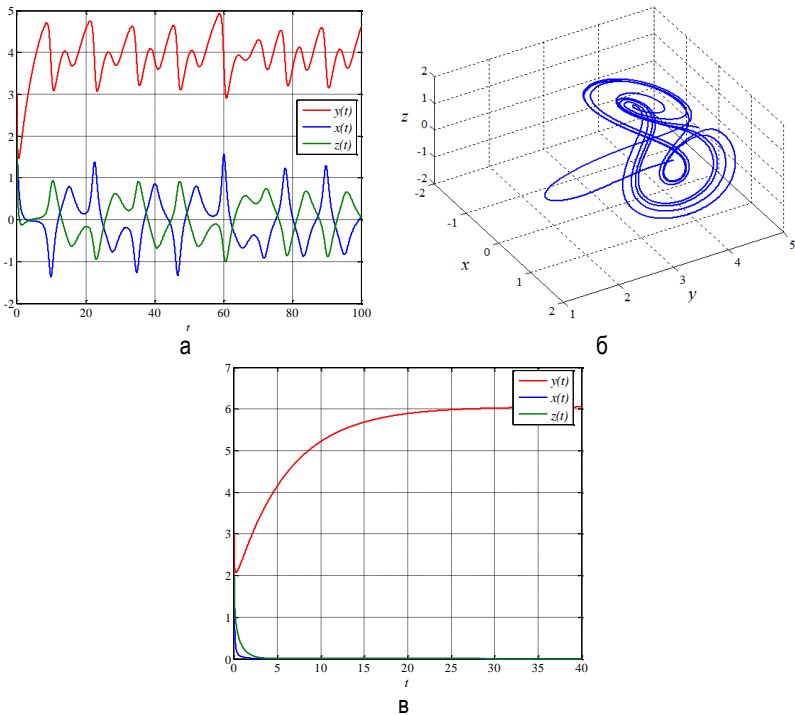


Рис. 1. Результаты вычислительного эксперимента при  $x_0 = 2$ ,  $y_0 = 3$ ,  $z_0 = 2$

Значение  $a = 10$  соответствует устойчивому решению: релаксация к стационарному состоянию. На рис. 1, в проиллюстрированы динамические характеристики  $x(t)$ ,  $y(t)$ ,  $z(t)$ . Переменные  $x$  и  $z$  приходят в состояние равновесия через 5 усл. ед. времени,  $y$  – через порядка 50 усл. ед. времени.

### **Литература**

1. *Нахушев А.М.* Дробное исчисление и его применение. М.: Изд-во ФИЗМАТЛИТ, 2003. 149 с.
2. *Chen W.C.* Nonlinear dynamics and chaos in a fractional-order financial system // *Chaos, Solutions & Fractals*. 2008. V. 36. P. 1305–1314.
3. *Биссенова К.В., Масловская А.Г.* Предиктор-корректорная схема и численная реализация фрактальной модели динамики финансовых систем // *Вестник АмГУ. Серия «Естественные и экономические науки»*. 2018. Вып. 81. С. 11–18.

УДК 537.226.4+51-73

***Л.С. Афанасов, Т.К. Барабаш, А.Г. Масловская***

*Амурский государственный университет, г. Благовещенск, Россия*

## **МУЛЬТИФРАКТАЛЬНЫЙ ВЕЙВЛЕТ-АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ДАННЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

В последние годы в различных приложениях возникают задачи, связанные с анализом данных, представленных временными рядами и обладающих меняющимся со временем спектральным составом. Центральной идеей решения таких задач является исследование изменения частотно-временных характеристик сигнала. Примерами временных рядов могут служить: характеристики сейсмологических, климатических, физических, технических процессов, акустические сигналы сердца, показатели динамики жидкости и финансовых систем. Семейство анализаторов – вейвлетов широко применяется в задачах анализа временных сигналов, распознавания образов и синтеза изображений, шифровки и дешиф-

ровки информации и др. Методы вейвлет-анализа также используются для исследования мультифрактальных свойств сигналов. В частности, к ним относится метод максимум модулей вейвлет-преобразования (ММВП), предложенный Мьюзи, Багри и Арнеодо [1]. Можно заметить, что многие программные среды и пакеты прикладных программ обладают встроенным функционалом для выполнения вейвлет-преобразований. В то же время, инструментарий мультифрактального анализа не является столь распространенным. Цель работы заключалась в разработке системы мультифрактального вейвлет-анализа динамических данных физических систем, заданных сложными временными сигналами, и апробация этого приложения для расчета мультифрактальных характеристик токов переполяризации сегнетоэлектриков.

Рассматриваемый алгоритм был реализован в ППП Matlab. Верификация результатов моделирования проводилась на модельном сигнале, сконструированном с помощью функции Вейерштрасса. Алгоритм метода включает два основных этапа. На первой стадии осуществляется вейвлет-преобразование исходного сигнала  $f(x)$ :

$$W(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{\infty} f(x) \cdot \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) dx, \quad (1)$$

где  $a$  – параметр масштаба,  $b$  – момент времени,  $\psi$  – вейвлет-функция.

Второй этап – построение частичных функций  $Z(q, a)$ :

$$Z(q, a) = \sum_{l \in L(a)} \left( \sup_{a' \leq a} |W(a', x_l(a'))| \right)^q, \quad (2)$$

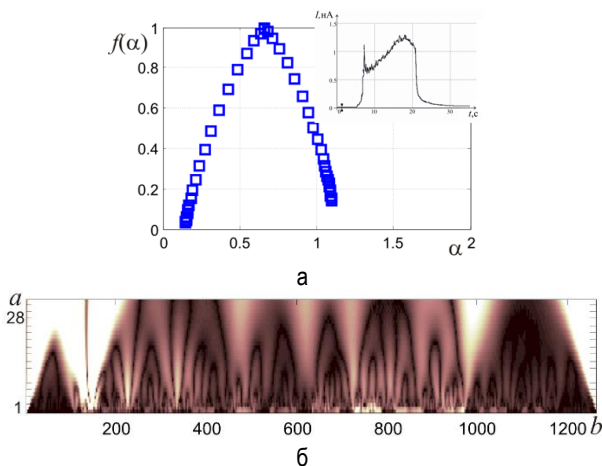
где  $L(a)$  – есть множество всех линий  $l$  локальных максимумов модулей вейвлет-коэффициентов, существующих на масштабе  $a$ .

Зависимость  $W(q, a) \propto a^{-\tau(q)}$  позволяет определить скейлинговую экспоненту  $\tau(q)$ . Взаимосвязь между основными величинами определяется преобразованием Лежандра  $\alpha = \frac{d\tau}{dq}$ ,

$f(\alpha) = q\alpha - \tau(q(\alpha))$ . Спектр  $f(\alpha)$  – набор значений фрактальных размерностей множеств, формирующих исходный временной ряд.



Результат работы программы продемонстрируем на примере прикладной задачи об исследовании скейлинговых характеристик тока переключения поляризации типичного сегнетоэлектрика – кристалла триглицинсульфата (ТГС) [2]. В качестве материнского вейвлета использован вейвлет «мексиканская шляпа». На рисунке показана зависимость  $f(\alpha)$ , дающая информацию о мультифрактальных свойствах тока переключения поляризации. Картина вейвлет-коэффициентов показывает иерархическую структуру флуктуаций сигнала. Рассчитаны спектральные характеристики исследуемого сигнала: глобальный спектр энергии и вид шума (черный шум). Таким образом, ММВП дает возможность оценки мультифрактальных свойств динамических данных, характеризующих состояние фрактальных физических систем.



Спектр размерностей  $f(\alpha)$  и проекция коэффициентов  $W(a,b)$  для тока переключения поляризации кристалла ТГС (на вставке)

### Литература

1. Павлов А.Н., Анищенко В.С. Мультифрактальный анализ сложных сигналов // УФН, 2007. Т. 177. № 8. С. 859–872.
2. Maslovskaya A.G., Barabash T.K. Multifractal analysis of electron beam stimulated process of polarization reversal in ferroelectrics // Physics Procedia. 2012. V. 23. P. 81–85.

**И.В. Матюшкин**

*Московский институт электронной техники,  
г. Москва, Зеленоград, Россия*

## **ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МАТЕМАТИКИ ДЛЯ ГОЛОМОРФНОЙ ДИНАМИКИ И МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАТОНИЗМ**

Поводом для доклада послужили исследования автора итерированной динамики экспоненциального и двух линейно-экспоненциальных отображений на комплексной плоскости, проводимые с помощью ЭВМ. Их результаты, связанные с образами множеств Фату и Жюлиа, а также фракталов с топологией букетов Кантора, изложены в [1].

Термин «экспериментальная математика» (ЭМ), появившийся сравнительно недавно, неоднозначен, и, конечно, его нужно отличать от «вычислительной математики». В Мягком манифесте ЭМ А.В. Ястребова и М.В. Шабановой дается такое определение: «Деятельность исследователя с объектами материального мира или их идеальными образами будем относить к области ЭМ, если ее результатами являются гипотезы о свойствах математических объектов и/или математические предположения или понятия» (цит. по: [2, с. 37]). В отечественной литературе считается, что термин введен ак. Красовским Н.Н. в 1969 г. в речи на открытии Уральского научного центра АН СССР [3]. Специализированный журнал *Experimental Mathematics* основан в 1992 г. Давидом Эпштейном, Сильвио Леви и Клаусом Петерсом [4]. Метод ЭМ имеет для математики эвристическую ценность, его результаты могут использоваться как часть доказательства теорем, но не подменять собой последнее.

В случае быстрорастущих конструкций типа  $\exp(\exp(\exp(\dots(iz))))$  погрешность, вернее ограниченность значащих цифр в представлении числа, ЭВМ оказывает влияние на ре-

зультат. Например, орбита точки, уходящей по результатам расчета в бесконечность, при точном расчете (режим символьных вычислений MATLAB) может выходить в область ограниченных траекторий. Мы можем лишь верить, что компьютерный образ множества Фату приблизительно, без качественных расхождений соответствует настоящему. Другой пример доставляет поведение орбиты точки вблизи бифуркационного значения параметра. Если параметр «точно» стоит в значении бифуркации, а оно не обязательно даже рациональное число, то нам опять приходится верить своим глазам и дисплею ЭВМ. Иногда известно точное решение, как в классическом примере  $dx/dt = px$  для  $p = 0$ , но прямой линии скорее всего мы не увидим. С другой стороны, как известно из истории фракталов, роль ЭВМ достаточно велика в открытии Б. Мандельброта (1977), хотя принципиально матаппарат разработан П. Фату (1910) и отчасти даже Кантором (пыль Кантора).

Уместно провести аналогию с наблюдениями Антони Левенгуком микробов, сперматозоидов и т. д. через увеличительное стекло (первый микроскоп), представить его энтузиазм первооткрывателя, посылавшего письма в королевское научное общество в Лондоне (1673). В нашем случае – роль капли физиологической жидкости играет формула отображения, увеличительного стекла – методика определения множества Фату/Жюлиа, микроскопа – компьютер. Визуализированные нами [1] «дельфины» нигде не были описаны, как и микробы, впервые увиденные голландцем.

Считается, что большинство крупнейших математиков придерживались традиции математического платонизма [5], т. е. они соглашались с тезисом «все математические объекты существуют вне пространства и времени, независимо от нас». Студенты-физики, кстати, такой тезис встречают с усмешкой, непониманием и неверием. Сила воображения гениев превосходит среднестатистическую; менее сильным математикам нужна какая-то визуализация, иллюстрация наподобие геометрического чертежа, чтобы проводить свою работу. В нашем случае роль чертежа играет компьютерный образ. Когда мы фиксировали формулу семейства отображений, то и не предполагали нетривиальность форм (упомянутые «дельфины») внутри множества Фату. И даже если мы по жизни убежденные материалисты, вернее, но-

миналисты, то при столкновении с фрактальными образами, порожденными одной формулой, становишься поневоле платоником – трудно отрицать объективное существование того, неожиданные свойства чего (зрительно) открываешь.

### **Литература**

1. *Матюшкин И.В., Заплетина М.А.* Компьютерное исследование голоморфной динамики экспоненциального и линейно-экспоненциального отображений // Компьютерные исследования и моделирование. 2018. Т. 10, № 4. С. 383–405. URL: <http://crm.ics.org.ru/journal/article/2706/>
2. Экспериментальная математика в школе. Исследовательское обучение / М.В. Шабанова и др. М.: Изд. дом Академии Естествознания, 2016. 300 с.
3. *Красовский Н.Н.* Размышления о математическом образовании // Известия УрГУ. 2003. № 27. URL: <http://itprojects.narfu.ru/mite/manifest.php>
4. Сайт журнала *Experimental Mathematics*. URL: <http://www.tandfonline.com/toc/uexm20/current>.
5. *Целищев В.В.* Математический платонизм // Schole, СХОЛЭ. 2014. № 2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/matematicheskiy-platonizm>.

УДК 519.248+621.382

***В.С. Кожевников<sup>1</sup>, И.В. Матюшкин<sup>2</sup>, Н.В. Черняев<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup>Московский физико-технический институт*

*(государственный университет), г. Долгопрудный, Россия*

*<sup>2</sup>НИИ молекулярной электроники, г. Москва, Зеленоград, Россия*

## **АНАЛИЗ ФУНКЦИИ НАДЁЖНОСТИ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПРИБОРОВ НА ОСНОВЕ ЭВОЛЮЦИИ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Надёжность электронных устройств представляет собой важную проблему современной нанoeлектроники [1]. Это обусловлено гетерогенностью материала наносистем, ролью поверхности и принципиальной дискретностью вещества, что: во-пер-

вых, означает удалённость от термодинамического равновесия и, соответственно, значимость процессов деградации; во-вторых, приводит к необходимости учёта статистического разброса структурных параметров.

В данной работе сделана попытка применить предложенный ранее Н.В. Черняевым [2; 3] физико-статистический метод оценки количественных показателей надёжности. Любое устройство в той или иной мере характеризуется набором своих технических характеристик  $(X_1, \dots, X_n) \equiv \mathbf{X}$ , имеющих некоторое (совместное) распределение вероятностей, характеризующееся плотностью  $f(x_1, \dots, x_n, t) \equiv f(\mathbf{x}, t)$ , вообще говоря, зависящей от времени, так как в процессе работы устройства его характеристики могут изменяться. Будем использовать аналог уравнения непрерывности, адаптированный к теории надёжности:

$$\frac{\partial f(\mathbf{x}, t)}{\partial t} + \text{div}(f(\mathbf{x}, t) \cdot \mathbf{C}(\mathbf{x}, t)) = -q(t)f(\mathbf{x}, t), \quad (1)$$

где  $\mathbf{C}(\mathbf{X}, t) = \frac{d\mathbf{X}}{dt}$  – скорости деградации (изменения) характеристик,  $q(t)$  – интенсивность случайных (внезапных) отказов. Располагая решением этого уравнения, для функции надёжности можно написать простое выражение:

$$R(t) = \int_{V_R} f(\mathbf{x}, t) dx_1 dx_2 \dots dx_n, \quad (2)$$

где  $V_R$  – область годности.

Для упрощения уравнения (1) прибегнем к методу моментов и сведём задачу к исследованию поведения моментов распределения. Из уравнения (1) можно исключить плотность распределения, если разложить функции  $\mathbf{C}(\mathbf{X}, t)$  в ряд. Ограничимся линейной аппроксимацией  $\mathbf{C}(\mathbf{X}, t)$  по  $(\mathbf{X} - \mathbf{M})$ , где  $\mathbf{M}$  – математическое ожидание  $\mathbf{X}$ :

$$C_i(\mathbf{X}, t) \approx C_i(\mathbf{M}, t) + \sum_{k=1}^N \frac{\partial C_i(\mathbf{M}, t)}{\partial X_k} \cdot (X_k - M_k), \quad (3)$$

Такое приближение позволяет выразить производную каждого момента через моменты равного и низших порядков. Не бу-

дем приводить здесь общее выражение, так как оно достаточно громоздко. Для иллюстрации метода достаточно ограничиться уравнениями относительно первых и вторых моментов: математического ожидания  $M_i$ , дисперсии  $D_i$  и ковариации  $K_{i,j}$ :

$$\begin{aligned} \frac{dM_i}{dt} &= C_i(\mathbf{M}, t) \\ \frac{dD_i}{dt} &= 2 \sum_{k=1}^n \frac{\partial C_i(\mathbf{M}, t)}{\partial X_k} \cdot K_{i,k} \\ \frac{dK_{i,j}}{dt} &= \sum_{k=1}^n \left( \frac{\partial C_i(\mathbf{M}, t)}{\partial X_k} \cdot K_{j,k} + \frac{\partial C_j(\mathbf{M}, t)}{\partial X_k} \cdot K_{i,k} \right) \end{aligned} \quad (4)$$

По результатам аттестационных испытаний наноприборов можно получить приближённые начальные значения моментов, которые в совокупности с системой (4) образуют задачу Коши. Решив её, получим эволюцию моментов во времени, а затем восстановим по ней распределение, и, следовательно, функцию надёжности.

### Литература

1. Bensoussan, Alain. Microelectronic reliability models for more than Moore nanotechnology products. (2017) *Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics* Vol. 30, № 1, March 2017, pp. 1–25.
2. *Алексаиян И.Т., Черняев Н.В.* Метод изучения надёжности интегральных микросхем // *Микроэлектроника*. 1992. Т. 21. Вып. 2. С. 105–111.
3. *Алексаиян И.Т., Черняев Н.В.* Выражения для основных количественных показателей надёжности в физико-статистическом подходе // *Петербургский журнал электроники*. 1994. Вып. 1 (4). С. 56–58.

*А.В. Ермоленко, К.С. Осипов*

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

## ОБ ОДНОМ ЭФФЕКТЕ В КОНТАКТНЫХ ЗАДАЧАХ СО СВОБОДНОЙ ГРАНИЦЕЙ

В работе [1] замечено, что при расчете напряженно-деформированного состояния цилиндрической панели по теории типа Кармана–Тимошенко–Нагди, под нагрузкой, близкой к сосредоточенной, отслеживается эффект противофазы. Данный эффект заключается в том, что максимальные (по абсолютной величине) значения моментов от изгиба и моментов от сдвигов находятся в противофазе. Это приводит к тому, что экстремальные значения совокупного момента уменьшаются

Аналогичный эффект отмечен в работе [2] для контактного взаимодействия цилиндрически изгибаемой пластины и абсолютно жесткого идеально гладкого основания.

В данной работе обсуждается эффект противофазы в контактной задаче для круглой пластины над абсолютно жестким основанием (более подробно о постановке задачи см. в работе [3]). Для решения данной задачи используются уравнения типа Кармана–Тимошенко [4] в следующем виде:

$$\begin{aligned}
 D\Delta^2 w &= q_n - h_\psi^2 \Delta q_n + (I - h_\psi^2 \Delta)L(\Phi, w), \\
 \frac{1}{Eh} \Delta^2 \Phi &= \frac{\nu}{Eh} \Delta m_n - \frac{1}{2} L(\Phi, w), \\
 \frac{\partial \psi_1}{\partial r_1} + \frac{\partial \psi_2}{\partial r_2} &= \frac{2(1+\nu)}{Eh} (q_n + L(\Phi, w)).
 \end{aligned} \tag{1}$$

Здесь  $I$  – тождественный оператор,  $\Delta$  – оператор Лапласа,  $w$  – прогиб пластины,  $\Phi$  – функция напряжения,  $\psi_i$ ,  $i=1,2$  – поперечные сдвиги,  $m_n$  – нагрузочный момент нормальной нагрузки,

$q_n$  – нормальная нагрузка,  $D$  – цилиндрическая жесткость,  $h$  – толщина пластины,  $h_\psi^2 = \frac{h^2}{6(1-\nu)}$ ,  $L(\Phi, w)$  – билинейная форма Кармана.

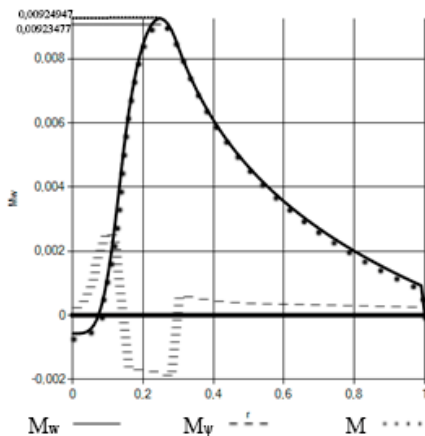
В теории типа Кармана–Тимошенко совокупные моменты рассчитываются как сумма моментов от изгиба ( $M_w$ ) и от сдвигов ( $M_\psi$ ).

Был проведен обширный численный эксперимент. Пока не удалось обнаружить для круглой пластины закономерность в параметрах задачи для возникновения эффекта противофазы. Однако можно утверждать, что эффект противофазы присутствует. В качестве иллюстрации этого утверждения на рисунке приведен результат численного эксперимента для пластины с параметрами:

$$E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа}, R = 1 \text{ м}, \nu = 0,3,$$

$$h = 0,01 \text{ м}, q_0 = 10^{-1} \cdot \sin\left(\frac{\pi r}{R}\right) \text{ МПа}, z = 0,01 \text{ м}.$$

Сплошной линией на рисунке обозначен момент от изгиба, пунктиром момент от сдвигов, точками обозначен совокупный момент.





## Литература

1. Михайловский Е.И., Ермоленко А.В., Миронов В.В., Тулубенская Е.В. Уточненные нелинейные уравнения в неклассических задачах механики оболочек. Сыктывкар: Изд-во Сыктывкарского ун-та, 2009. 141 с.
2. Ермоленко А.В., Гинтнер А.Н. Влияние поперечных сдвигов на понижение напряженного состояния пластины // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1: Математика. Механика. Информатика. 2015. Вып. 20. С. 91–96
3. Ермоленко А.В., Осипов К.С. Параллельное программирование в контактных задачах со свободной границей // Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1: Математика. Механика. Информатика. 2017. Вып. 23. С. 85–89.
4. Ермоленко А.В. Теория плоских пластин типа Кармана–Тимошенко–Нагди относительно произвольной базовой плоскости // В мире научных открытий. 2011. № 8.1 (20). С. 336–347.

УДК 519.2:004.421.5:004.7

***В.Н. Задорожный<sup>1</sup>, Е.Б. Юдин<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>*Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия*

<sup>2</sup>*Омский филиал Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН, г. Омск, Россия*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ГРАФОВ ПРЕДПОЧТИТЕЛЬНОГО СВЯЗЫВАНИЯ: НОВЫЕ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ\***

Становление сетевого общества вызвало значительный интерес к процессам развития больших сетей (телекоммуникационных, социальных, инженерных сетей, сетей белок-белковых взаимодействий, геномных и многих других сетей) [1]. В науке о сетях

---

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

(Network Science), возникшей в XXI в., предложено несколько математических моделей роста сетей – растущих случайных графов. Растущие графы объясняют многие наблюдаемые в больших сетях особенности, такие как степенное распределение локальной степени связности узлов (т.н. «безмасштабность»), малый диаметр (правило шести рукопожатий) и другие. Растущие графы определяются простыми правилами их выращивания, состоящими в неограниченном добавлении новых вершин и ребер [2]. При этом могут учитываться предпочтительность вершин, выбираемых новыми вершинами для связывания [1; 3], возможность потери старых вершин и ребер [4; 5], эволюционные механизмы копирования типовых подграфов и внесение в них разнообразия и т. д. [6].

В докладе представлены основные подходы и методы, разработанные авторами для исследования растущих графов предпочтительного связывания – наиболее известного класса растущих графов (его описывают две из 10 самых цитируемых публикаций в области физики [7]). Граф предпочтительного связывания выращивается путем итерационного добавления приращений графа – вершин со случайным числом инцидентных ребер. Свободные концы ребер приращения присоединяются к существующим вершинам графа. Вероятность  $p_i$  присоединения к  $i$ -й вершине зависит от степени связности  $k_i$  этой вершины. В общем случае эта вероятность пропорциональна некоторой функции от степени связности вершин:  $p_i \propto f(k_i)$ . Если функция предпочтения  $f$  линейная  $f(k_i) = k_i$ , то в графе воспроизводится принцип «богатый становится богаче», если  $f(k_i) = \ln(k_i)$ , то учитывается психофизиологический закон, согласно которому органы чувств логарифмируют уровни сравниваемых сигналов.

Для исследования графов предпочтительного связывания авторами разрабатываются новые подходы и методы, основанные на выводе точных рекуррентных и приближенных дифференциальных уравнений, описывающих характеристики растущих графов. С помощью этих подходов и методов решен ряд актуальных задач Network Science, впервые получены соответствующие аналитические выражения для финальных вероятностных характеристик графа [8] и для переходных процессов [9]. Например,

для финального распределения степени связности узлов  $Q_k$  при заданных распределении числа ребер в приращении  $\{r_k\} = \{r_g, \dots, r_n\}$  и функции  $f(k)$  получено следующее рекуррентное решение:

$$Q_g = \frac{r_g \langle f \rangle}{\langle f \rangle + mf_g}, Q_k = \frac{r_k \langle f \rangle + mf(k-1)Q_{k-1}}{\langle f \rangle + mf(k)}, k \geq g+1,$$

где  $\langle f \rangle = \sum Q_k f(k)$  – средний вес вершины,  $m = \langle x \rangle = \sum kr_k$  – среднее число ребер в приращении.

Впервые доказана эквивалентность некоторых классов графов, ранее считавшихся разными, разработаны методы точной калибровки графов при моделировании с их помощью реальных больших сетей и получен ряд других оригинальных результатов [5; 8; 9].

В докладе приводятся решения задач, основанные на представляемых подходах и методах.

### Литература

1. Fortunato S. et al. Science of Science // Science 359: 6379 (2018).
2. Ghoshal G., Chi L., Barabási A.-L. Uncovering the role of elementary processes in network evolution // Scientific Reports 3, 1-8 (2013).
3. Bianconi Ginestra and Barabási A.-L., 2001a, Europhys. Lett. 54, 436.
4. Zadorozhnyi V.N. Preferential attachment random graphs with vertices losses. International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON) : conference proceeding, 29-30 June 2017/Astana, Kazakhstan. 2017. SIBCON: IEEE Inc., 2015. P. 1–6.
5. Zadorozhnyi V.N., Yudin E.B., Yudina M.N. Distributions of degrees in growing graphs with loss of arcs // 2018 Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies (MWENT), P. 1–7.
6. Kleinberg J.M., Kumar S.R., Raghavan, P., Rajagopalan, S., Tomkins A. The Web as a graph: Measurements, models and methods // Lecture Notes in Computer Science, 1999, pp. 1–18.
7. Barabasi A. The network takeover // Nature Physics 8, 14-16 (2012).
8. Zadorozhnyi V.N., Yudin E.B. Growing Networks: Models following Non-linear Preferential Attachment Rule. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications 428, 2015, P. 111–132.
9. Zadorozhnyi V.N., Badryzlov V.A. Calculation Methods of Transient Processes in Growing Networks with Non-Linear Preferential Attachment Rule. Communications (SIBCON): conference proceeding, 12–14 May 2016 / Moscow, Russia, 2016. SIBCON: IEEE Inc., 2016. P. 1–5.

**В.Н. Задорожный, М.Н. Юдина**

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

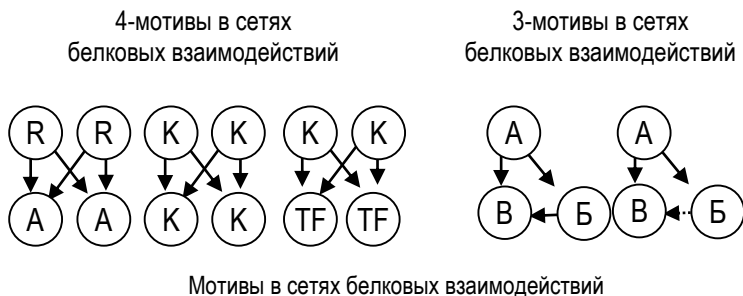
## **АНАЛИЗ МИКРОВЗАИМОДЕЙСТВИЙ В СЛОЖНЫХ СЕТЯХ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА**

В последние два десятилетия развивается новая междисциплинарная наука – Network Science [1], которая, занимаясь изучением больших сетей как физического явления, находит общие закономерности формирования структуры сетей различной природы и предлагает общие методы анализа и моделирования сетей. Большие размеры изучаемых сетей (это такие сети как сети белковых взаимодействий клетки, геномные, социальные сети, сети телекоммуникаций, Интернет и т. д.), делают естественным применение для их исследования подхода «снизу вверх». Исследователи пытаются сначала выявить и объяснить наличие небольших функциональных модулей, а затем объяснить их взаимодействие в сети как в едином целом. С этой целью рассчитываются частоты встречаемости небольших связанных типовых подграфов (т.н. сетевых мотивов – *network motifs* [2]), выявляются значимые из них, т. е. те, которые встречаются чаще в изучаемой сети, чем в ее рандомизированных версиях.

Исследователями выявлены и классифицированы мотивы, характеризующие различные сети и играющие в этих сетях различную роль [3]. Так, в сети белковых взаимодействий часто встречается мотив на четырех узлах (4-мотив), который получил название VI-FAN (рис., слева). Это можно объяснить тем, что клеточные рецепторы (R), взаимодействуя с субстратом (A), часто образуют каскады; также часто в белковых сетях встречаются каскады с участием киназ (K) и факторов транзакции (TF).

Часто встречается в сетях белковых взаимодействий и 3-мотив FEED-FORWARD LOOP (см. рис., справа), когда один белок взаимодействует с другим непосредственно и опосредовано

через влияние на некоторый третий белок. Причем некогерентная опосредованная связь (см. рис., справа – прерывистая стрелка) обнаруживается среди взаимодействий белков, расположенных ближе к мембране клетки [4], а когерентная опосредованная связь – среди белков, расположенных ближе к ядру.



Однако процедура расчета частот встречаемости мотивов, а тем более выявление значимых мотивов, является алгоритмически сложной и для сетей, содержащих миллионы узлов и связей, – практически нереализуемой.

Авторами развивается подход к анализу частот встречаемости типовых подграфов, основанный на ускорении методов Монте-Карло. К последним достижениям авторов в этой области относятся алгоритмы (реализованные программно) для подсчета частот встречаемости мотивов с контролем точности вычислений. Точность расчета частот  $n_j$  встречаемости всех возможных мотивов ( $j = 1, \dots, N$ ) фиксированного размера оценивается с использованием коэффициентов вариации

$$v_j = \frac{\sqrt{D(n_j)}}{M(n_j)}.$$

Всего существует  $N_3 = 13$  ориентированных 3-мотивов и  $N_4 = 198$  ориентированных 4-мотивов. Авторами разработаны ускоренные алгоритмы расчета частот встречаемости таких мотивов, с автоостановом в момент надежного достижения заданной точности результатов. Точность и скорость расчета частот мотивов на порядки превосходят точность и скорость, достигаемые лучшими известными алгоритмами. Размеры рассчитываемых разработанными

программами графов сетей, содержащих многие миллионы вершин и ребер, также на порядки превосходят предельные размеры графов, рассчитываемых лучшими известными программами.

При расчете 4-мотивов на разных стадиях расчета по-разному определяется выборочное пространство. Итоговые оценки частот встречаемости мотивов определяются путем эффективного решения задачи минимизации коэффициентов вариации:

$$v_j^2 = \frac{D(n_j)}{M^2(n_j)} \rightarrow \min .$$

### Литература

1. *Fortunato S. et al.* Science of Science // Science 359: 6379 (2018).
2. *Shen-Orr S.S., Milo R., Mangan S., Alon U.* (May 2002). "Network motifs in the transcriptional regulation network of Escherichia coli". Nat. Genet. 31 (1): 64–8.
3. *Milo R., Shen-Orr S.S., Itzkovitz S., Kashtan N., Chklovskii D., Alon U.* Network motifs: Simple building blocks of complex networks. Science, 298(5594):824–827, 2002.
4. Ma'ayan et al. // Science 310, 1078 (2005).

УДК 519.2:004.421.5:004.7

**В.Н. Задорожный, Т.Р. Захаренкова, М.П. Маркова**

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

## МИНИМИЗАЦИЯ ПОТЕРЬ В СЕТЯХ С ФРАКТАЛЬНЫМ ТРАФИКОМ

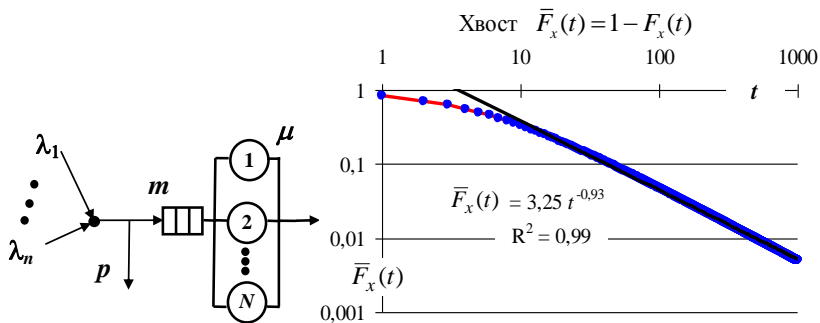
Известно, что трафик современных компьютерных сетей является фрактальным (самоподобным), т. е. характеризуется долговременными зависимостями и асимптотически степенными распределениями объемов  $x$  посылок, поступающих в тот или иной узел сети [1]. Одним из распределений, наиболее точно описывающих  $x$ , является распределение Парето с хвостом

$$\bar{F}(t) = P(x > t) = \left(\frac{K}{t}\right)^\alpha, \quad t \geq K > 0, \quad 1 < \alpha \leq 2, \quad (1)$$

которое при указанном диапазоне значений  $K$  и  $\alpha$  имеет конечное математическое ожидание и бесконечную дисперсию.

Узел сети является системой массового обслуживания (СМО) с конечным буфером, вмещающим не более  $m$  заявок, и с одним или несколькими приборами (см. на рис., слева). Если в момент поступления заявки приборы и все места в буфере заняты, заявка теряется.

До 90-х гг. прошлого века теория телетрафика опиралась на простейшие СМО: входящие потоки заявок считались экспоненциальными, время  $x$  обслуживания (объемы заявок) тоже описывалось экспоненциальным распределением. С ростом сетей разнообразие пересылаемых данных резко возросло, экспоненциальные распределения времени  $x$  уступили место степенным, и классическая теория телетрафика устарела. Появление степенного распределения (1) времени  $x$  мы объясняем следующим образом.



Сумма  $n$  входящих в СМО экспоненциальных потоков является экспоненциальным потоком с интенсивностью  $\Lambda = \lambda_1 + \dots + \lambda_n$ . В нем заявка, принадлежащая  $i$ -му потоку, появляется на входе СМО с вероятностью  $p_i = \lambda_i / \Lambda$ . Естественно предположить, что чем интенсивнее частный поток, тем быстрее обрабатываются его заявки, т. е. что время  $x_i$  обслуживания заявок  $i$ -го потока распределено экспоненциально с плотно-

стью  $f_{x_i}(t) = \mu_i e^{-\mu_i t}$ , где  $\mu_i = k\lambda_i$  ( $k = \text{const} > 0$ ). Это условное распределение случайной величины (с.в.)  $x$ , взятое при условии, что заявка принадлежит  $i$ -му потоку. Безусловное распределение – распределение смеси с.в.  $x_i$ , выбираемых с вероятностями  $p_i$ . Тогда  $\bar{F}_x(t) = \sum_{i=1}^n p_i \bar{F}_{x_i}(t) = \sum_{i=1}^n p_i e^{-\mu_i t} = \sum_{i=1}^n p_i e^{-k\lambda_i t}$ . Рост разнообразия частных потоков учтем переходом к непрерывному множеству интенсивностей частных потоков, распределенных в соответствии с плотностью  $f(\lambda) = ce^{-c\lambda}$ . Дискретная смесь превращается непрерывную:

$$\bar{F}_x(t) = \int_0^{\infty} ce^{-c\lambda} e^{-k\lambda t} d\lambda = \dots \frac{c}{c+kt} \int_0^{\infty} (c+kt)e^{-(c+kt)\lambda} d\lambda = \frac{c}{c+kt}, \quad (2)$$

т. е.  $x$  приобретает асимптотически степенное распределение. На практике с.в.  $x$  имеет положительное наименьшее значение, поэтому сместим распределение (2) по оси  $t$  вправо путем подстановки  $t \leftrightarrow (t - c)/k$  и получим, без ограничения общности, хвост  $(c/t)$  распределения (1) с параметром  $\alpha = 1$ . Правильность выкладок (2) проверена методом Монте-Карло (см. рис., справа).

Распределения Парето с произвольными  $\alpha$  получаются при анализе многопотоковой экспоненциальной СМО при гораздо более слабых условиях, превращающих ее в эквивалентную систему M/Pa/N/m со степенным хвостом распределения времени  $x$  и дисперсией  $D(x) = \infty$ .

Такое распределение с.в.  $x$  приводит к большой вероятности  $p$  потерь даже при фантастически больших  $m$ . В [2] показано, что кардинальное снижение вероятности  $p$  достигается путем увеличения числа  $N$  приборов в системе. Еще один путь снижения потерь становится очевидным при сравнении условий генезиса распределения (2) с метамоделью многопотоковой СМО [3] – это введение абсолютных приоритетов, обратно пропорциональных времени  $x$ . Так, в бесприоритетной СМО M/Pa/1/10 при  $\Lambda = 0,1$ ,  $K = 1$ ,  $\alpha = 1,25$  вероятность  $p$  (рассчитанная методом Монте-Карло) составляет  $p \approx 0,067$ . Введение абсолютных приоритетов уменьшает ее до величины  $p \approx 0,019$ .



## Литература

1. *Leland W.E., Taqqu M.S., Willinger W., Wilson D.V.* On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic. Proc. ACM SIGCOMM'93, San Fransisco, CA, 1993, p. 183–193.
2. *Zadorozhnyi V.N., Zakharenkova T.R.* Minimization of Packet Loss Probability in Network with Fractal Traffic. ITMM 2017. CCIS, vol. 800, pp. 168–183. Springer (2017).
3. *Zadorozhnyi V.N., Zakharenkova T.R., Tulubaev D.A.* Estimation of Prioritized Disciplines Efficiency Based on the Metamodel of Multi-flows Queueing Systems. ITMM 2018. CCIS, vol. 912, pp. 290–304. Springer (2018).

УДК 519.854.2

***И.В. Вдовин, Р.Ю. Овчинникова***

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

### **ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ЗАДАЧИ О РАСПРЕДЕЛЕНИИ ОТРЕЗКОВ МЕЖДУ ПРЯМЫМИ**

Практика современного производства товаров и услуг нередко сопряжена с решением ряда проблем, которые могут быть сформулированы в виде задач дискретной оптимизации. Известными примерами прикладных задач подобного рода являются: задача коммивояжера [1, с. 147], задача об упаковке в контейнеры, задача о ранце и др. Все они связаны с поиском наилучшего решения относительно распределения ограниченных ресурсов.

С содержательной точки зрения задачу о распределении отрезков между прямыми можно представить, как необходимость построить из  $n$  отрезков разной длины  $k$  прямых, таким образом, чтобы длина самой протяженной из них, была бы наименьшей из возможных ( $k < n$ ).

Построим математическую модель задачи.

Пусть  $i$  – номер отрезка длины  $l_i$ , который следует отнести к какой-либо одной из составляемых прямых,  $i \in \{1, n\}$ , тогда

$j$  – номер прямой, которая образуется в результате составления отрезков,  $j \in \{1, k\}$ .

1. Выберем переменные для данной задачи:

$x_{ij}$  – переменная, которая показывает использован ли конкретный отрезок для построения конкретной прямой или нет:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й отрезок входит в состав } j \text{ прямой,} \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases} \quad (1)$$

2. Составим ограничения для данной задачи:

Исходя из условий задачи, каждый отрезок должен единожды войти в состав любой одной прямой из числа образуемых. Следовательно:

$$x_{i1} + x_{i2} + \dots + x_{ij} + \dots + x_{ik} = 1 \text{ или } \sum_{j=1}^k x_{ij} = 1, \quad i = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Кроме того, в состав каждой образуемой прямой должен входить один или несколько отрезков:

$$x_{1j} + x_{2j} + \dots + x_{ij} + \dots + x_{nj} \geq 1 \text{ или } \sum_{i=1}^n x_{ij} \geq 1, \quad j = \overline{1, k}. \quad (3)$$

При этом необходимо учесть, что  $x_{ij} \in \{0, 1\}$ ,  $i \in \{1, n\}$ ,  $j \in \{1, k\}$ , ( $k < n$ ).

3. Составим целевую функцию:

Целью данной задачи является распределение всех отрезков между прямыми таким образом, чтобы длина самой протяженной из составленных прямых, была бы минимальной.

Математическая модель задачи будет иметь следующий вид:

$$\max_{1 \leq j \leq k} \sum_{i=1}^n l_i x_{ij} \rightarrow \min, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^k x_{ij} = 1, \quad i = \overline{1, n}, \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} \geq 1, \quad j = \overline{1, k}, \quad (6)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\}, \quad i \in \{1, n\}, \quad j \in \{1, k\}, \quad (k < n). \quad (7)$$

Математическая постановка задачи о распределении отрезков между прямыми относит последнюю к классу NP-трудных задач, для решения которых требуются особые алгоритмы, удовлетворяющие

заданным критериям точности и времени получения решения. На практике приемлемым подходом является применение различных вариантов генетического алгоритма, реализующего эвристический поиск приближенного решения за приемлемое время [2, с. 109].

### **Литература**

1. *Борознов В.О.* Исследование решения задачи коммивояжера // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2009. № 2. С. 147–151.
2. *Вдовин И.В.* Применение генетического алгоритма к задаче оптимизации извлечения данных из веб-источников // Прикладная математика и фундаментальная информатика. 2015. № 2. С. 107–113.

УДК 519.872

***А.С. Котюргина<sup>1</sup>, Ю.Б. Никитин<sup>2</sup>, Е.И. Федорова<sup>3</sup>***

*<sup>1</sup>Омский государственный технический университет, г. Омск, Россия*

*<sup>2</sup>Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия*

*<sup>3</sup>Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,  
г. Омск, Россия*

## **МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ПАКЕТ MAPLE В КУРСЕ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ**

Интеграция информационных технологий и обучения математике студентов вузов в современных условиях актуальна и важна. При этом появляется возможность осовременить методику преподавания математики с учетом развития информационных технологий, сохраняя основные идеи математического познания мира и перенося чисто технические выкладки в специальные математические пакеты программ. Такой подход может расширить представления студентов о предмете математики и возможностях ее применения в современных условиях.

В работе рассматриваются возможности использования математического пакета программ Maple в курсе высшей математики

у студентов нематематических специальностей. Были проанализированы курсы высшей математики для студентов медицинского, социологического и инженерного профилей. Анализ показал, что при изучении всех традиционных тем курса высшей математики имеются возможности для использования данного пакета. Были разработаны методические материалы в помощь студентам, выполняющим задания с помощью математического пакета. Туда вошли справочные материалы для первоначального и быстрого ознакомления с интерфейсом пакета Maple, с работой в окнах, с представлением данных в виде формул, с выводом графиков, с основными командами, специально разработанные индивидуальные задания. Предложены методики преподавания для разных вариантов организации занятий, как в компьютерном классе, так и в самостоятельной работе над индивидуальными заданиями.

### **Литература**

1. *Котюргина А.С.* О применении пакетов прикладных программ в преподавании общего курса математики // Актуальные проблемы преподавания математики в техническом вузе. 2015. № 3. С. 76.
2. *Федорова Е.И., Котюргина А.С.* Математика в примерах и задачах для студентов-социологов: учебное пособие: в 2 ч. Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2016–2017. Ч. 1. 2016. 244 с.; Ч. 2. 2017. 260 с.

**А.Г. Гринь**

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

## **МАХ-УСТОЙЧИВЫЕ ПРЕДЕЛЬНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЛЯ КАЛИБРОВОЧНЫХ ФУНКЦИЙ ОТ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН**

Если  $\{\xi_n\}$  – последовательность независимых одинаково распределенных случайных величин,  $X_n = \max(|\xi_1|, \dots, |\xi_n|)$ ,  $F_n(x) = P\{X_n < x\}$

$$F_1(x) < 1, x > 0, a_n = \sup\{x: nP\{|\xi_1| \geq x\} \geq 1\},$$

то  $F_n(xa_n) \rightarrow F(x)$ ,

где  $F(x)$  – функция распределения невырожденной случайной величины тогда и только тогда, когда  $P\{|\xi_1| \geq x\}$  является правильно меняющейся функцией порядка  $-\rho, \rho > 0$ . При этом  $F(x) = G_\rho(x) = \exp\{-cx^{-\rho}\}$ ,  $c > 0$  (см., например, [1, с. 319]), такие распределения называют мах-устойчивыми.

В настоящей работе приводятся необходимые и достаточные условия для сходимости распределений функций специального вида (калибровочных функций) от зависимых случайных величин к мах-устойчивым законам.

Пусть при каждом натуральном  $n$  определено отображение  $f: R^n \rightarrow R$  удовлетворяющее следующим условиям

1.  $f(x) > 0, x \in R^n, x \neq 0$ ;
2.  $f(\lambda x) = |\lambda|x, x \in R^n, \lambda \in R$ ;
3.  $f(x + y) \leq f(x) + f(y), x, y \in R^n$ ;
4.  $f(x_1, \dots, x_n) = f(\varepsilon_1 x_{i_1}, \dots, \varepsilon_n x_{i_n})$ , где  $\varepsilon_i = \pm 1, x_i \in R, i = 1, \dots, n$ , а  $(i_1, \dots, i_n)$  – перестановка множества  $(1, \dots, n)$ ;
5.  $f(x_1, \dots, x_{n-1}, 0) = f(x_1, \dots, x_{n-1})$ .

Функции, удовлетворяющие условиям 1–4 называются симметрическими калибровочными функциями.

Пусть  $\{\xi_n\}$  – стационарная в узком смысле последовательность,  $X_n = f(\xi_1, \dots, \xi_n)$ ,  $F_n(x) = P\{X_n < x\}$ ,  $a_n = \sup\{x: nP\{|\xi_1| \geq x\} \geq 1\}$ .

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

**Теорема.** Пусть  $\{\xi_n\}$  – стационарная в узком смысле последовательность, у которой  $P\{|\xi_1| \geq x\}$  является правильно меняющейся функцией порядка  $-\rho$ ,  $\rho > 0$ . Для того чтобы  $F_n(xa_n) \rightarrow G_\rho(x) = \exp\{-cx^{-\rho}\}$ ,  $c = f^\rho(1)$ ,  $x > 0$ ,  $n \rightarrow \infty$  необходимо и достаточно, чтобы выполнялись следующие утверждения:

- а)  $F_{n+m}(xa_{n+m}) - F_n(xa_{n+m})F_m(xa_{n+m}) \rightarrow 0$ ,  $n + m \rightarrow \infty$ ; ( $R_1$ )  
 б) при любом  $x > 0$  и при любой достаточно медленно растущей последовательности  $k = k(n) \rightarrow \infty$ ,  $n \rightarrow \infty$

$$P\{X_n > xka_n\} \sim nP\{X_1 > xka_n\}, n \rightarrow \infty. \quad (R_2)$$

Если же для некоторой последовательности  $\{\xi_n\}$   $F_n(xa_n) \rightarrow G_\rho(x)$ ,  $x > 0$  и выполняются условия ( $R_1$ ) и ( $R_2$ ), то  $P\{|\xi_1| \geq x\}$  является правильно меняющейся функцией порядка  $-\rho$ .

Результат, аналогичный теореме в случае, когда  $X_n = \max(|\xi_1|, \dots, |\xi_n|)$ , получен в [3], и условия ( $R_1$ ) и ( $R_2$ ) интерпретировались там, как минимальные условия слабой зависимости, при которых распределения величин  $X_n$  сходятся к тахустойчивым законам. В данной работе условие ( $R_1$ ) не только задает некоторое условие слабой зависимости, но и накладывает довольно жесткие ограничения на вид функции  $f$ , означающие, по сути, что  $f(\xi_1, \dots, \xi_n)$  слабо эквивалентно распределению максимума некоторых независимых случайных величин. Тем не менее, ( $R_1$ ) является одним из необходимых и достаточных условий и в этом смысле его можно считать минимальным.

## Литература

1. Феллер В. Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т. 2. М.: Мир, 1984.
2. Гринь А.Г. Минимальные условия слабой зависимости в предельных теоремах для максимумов // Математические структуры и моделирование. 2006. Вып. 16. С. 20–25.

*Л.А. Володченкова, А.К. Гуц*

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

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАВНОВЕСНОГО ПО НЭШУ ФОРМИРОВАНИЯ ЛЕСНОГО БИОЦЕНОЗА НА СПЛОШНЫХ ВЫБОРКАХ**

Г.П. Быстрой и Н.С. Иванова [1] предложили теоретико-катастрофическую модель формирования лесной растительности на сплошных вырубках.

После сплошных рубок возможно несколько альтернативных путей развития растительности. Из всего разнообразия возможных вариантов смен древесных видов авторы [1] рассматривают только взаимоотношения березы (*Betula pendula* Roth. и *B. pubescens* Ehrh.) и сосны (*Pinus sylvestris* L.) – наиболее распространенных на Урале и в Зауралье древесных видов – в процессе зарастания вырубок и формирования нового древостоя.

Уравнение Быстрая-Ивановой можно представить [1] в виде дифференциального уравнения с параметрами  $a$  и  $b$ :

$$\frac{d\eta}{dt} = -\frac{\partial F}{\partial \eta}, \quad (1)$$

$$\eta = \frac{\rho}{\rho_c} - T\rho_0^*, \quad F = \frac{1}{4}\eta^4 + \frac{1}{2}a\eta^2 + b\eta, \quad \rho_0^* = |k_2| / (3|k_3| \rho_c),$$

$$a = -3[T^2(\rho_0^*)^2 - 1], \quad b = -\frac{H}{H_c} + 3T\rho_0^* - 2T^3(\rho_0^*)^3,$$

где  $\rho$  – характеристика, описывающая интенсивность возобновления древесной растительности: плотность (масса) подроста сосны (*Pinus sylvestris*) и подроста березы (*Betula pendula* и *B. pubescens*);

$\rho_c$  – некоторый масштаб плотности: плотность древесной растительности в критической точке, в которой плотность сосны и березы равны (смешанный древостой);

$T = (\rho_0 - \rho_m) / \rho_0$  – безразмерная характеристика интенсивности развития травянистого яруса;

$\rho_0 = (\rho_s + \rho_B) / 2$  – средняя суммарная масса (плотность) сосны (*Pinus sylvestris*) и березы (*Betula pendula* и *B. pubescens*);

$\rho_m$  – масса трав (плотность)

$$|k_1| = 3/t_0, \quad |k_2| = 3/(t_0\rho_c), \quad |k_3| = 1/(t_0\rho_c^2), \quad |k_4| = \rho_c/(H_c t_0),$$

$k_i$  – некоторые другие параметры экосистемы, подлежащие определению;

$t_0$  – характеризует смену временного масштаба:  $t = t : t_0$

Управляющий параметр  $H$  – это характеристика богатства лесорастительных условий (мощность почвы). Мощность почвы – комплексный фактор, характеризующий запас в почве элементов минерального питания и влаги и широко используемый в лесной типологии. Увеличение  $H$  (мощности почв) приводит к угнетению сосны в большей степени, чем березы.

Мы посмотрели на уравнение (1) с точки зрения теории дифференциальных игр, когда формирование растительности управляется параметрами  $a$  и  $b$ , и они могут динамически меняться в каждый момент времени и траектория  $\eta = \eta(t)$  может быть оптимально равновесной в смысле Нэша [2]. Отметим, что мы искали *позиционное управление*, или *позиционное равновесие Нэша*, когда «игрок» (лесной биоценоз) конструирует управляющее воздействие в виде функций  $a(t, \eta), b(t, \eta)$ , зависящих уже от его позиции  $\eta$ .

Мы нашли одно из таких позиционных равновесных по Нэшу формирований растительности ( $a^*, b^*$ ), а точнее

$$a^* = \frac{1}{2}\eta^2, \quad b^* = \frac{1}{2}\eta.$$

Равновесная по Нэшу эволюция формирования древостоя в данном случае задается уравнением

$$\frac{d\eta}{dt} = -\frac{3}{2}\eta^3 - \frac{1}{2}\eta.$$

Интегрируя это уравнение, находим семейство оптимальных равновесных траекторий



$$\operatorname{arctg}(\eta) = -\frac{\sqrt{3}}{2}t + \operatorname{const}.$$

Таким образом, мы показали, что восстановление лесного биоценоза после вырубки может быть описано как равновесная эволюция по Нэшу. Хотя найдена только одна равновесная эволюция, не исключено, что их может быть намного больше, поскольку при восстановлении леса возможно участие различных видов растительности (березняки разнотравно-вейниковые, сосняки брусничниковые и т. д.).

### Литература

1. Быстрой Г.П., Иванова Н.С. Подходы к моделированию динамики лесной растительности на основе теории катастроф // Аграрный вестник Урала. 2010. № 2 (68). С. 75–79.
2. Lewis F.L., Vrabie D.L., Syrmos V.L. Optimal Control. John Wiley & Sons, Inc., 2012.

УДК 512

**А.К. Гуц, А.Н. Кабанов**

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

### **ПРИМЕР ИНВАРИАНТНОГО КОНУСА В АЛГЕБРЕ ЛИ, НЕ ВСЕ АВТОМОРФИЗМЫ КОТОРОГО ЯВЛЯЮТСЯ \*-АВТОМОРФИЗМАМИ**

Рассматриваем вещественную алгебру Ли  $g$  группы Гейзенберга с образующими  $X_1, X_2, X_3$  и коммутационными соотношениями

$$[X_1, X_1] = 0, [X_2, X_3] = X_1, [X_1, X_3] = 0.$$

Конус – это множество  $W$ , удовлетворяющее условиям:  $W + W \subseteq W$ ,  $R_+ \cdot W \subseteq W$ . Конус  $W$  с вершиной 0 называется *инвариантным*, если

$$e^{ad(X)}W = W \text{ для любого } X \in g.$$

Автоморфизмом конуса  $W$  называется биекция  $f : g \rightarrow g$  такая, что  $f(W) = W$  и  $f(0) = 0$ .

Рассматриваем операцию Кэмпбелла-Хаусдорфа  $* : W \rightarrow W$ , определенную следующим образом:

$$X * Y = X + Y + \frac{1}{2}[X, Y] + \frac{1}{12}[X, [X, Y]] + \dots$$

Биекция  $f : g \rightarrow g$ ,  $f(0) = 0$ , называется  $*$ -автоморфизмом алгебры Ли, если  $f(X * Y) = f(X) * f(Y)$ , где  $X, Y \in g$ .

Пусть

$$W = \{X = \sum_{i=1}^3 x_i X_i : x_2 \geq 0, x_3 \geq 0, x_1 \in R\}.$$

Этот конус является инвариантным, любой автоморфизм которого имеет вид

$$f(x_1, x_2, x_3) = (\varphi(x_1), \psi(x_2), \omega(x_3)), \quad (1)$$

где  $\varphi(x_1), \psi(x_2) \geq 0, \omega(x_3) \geq 0$  – любые гомеоморфизмы (биекции).

Автоморфизм (1) будет  $*$ -автоморфизмом, если

$$\varphi(x_1) = \alpha x_1, \quad \psi(x_2) = \beta x_2, \quad \omega(x_3) = \gamma x_3,$$

$\alpha, \beta, \gamma = const$ . Следовательно, не каждый автоморфизм конуса будет  $*$ -автоморфизмом.

UDC 539

***I. Balog<sup>1</sup>, D. Carpentier<sup>2</sup>, A.A. Fedorenko<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup> Institute of Physics, Zagreb, Croatia*

*<sup>2</sup> Laboratoire de Physique, ENS de Lyon, Université de Lyon, Lyon, France*

**NON-GAUSSIAN FLUCTUATIONS GOVERN DISORDERED  
RELATIVISTIC SEMIMETALS**

Whereas our understanding of solids is based on a description as a perfectly regular lattice of atoms, real materials are far from this ideal view. Imperfections of the lattice or impurities are unavoidable. This disorder can obscure properties of ideal solids, or even lead to remarkable new quantum phenomena such as the Anderson localization. After more than half a century of intensive efforts, it remains a topical subject of research with applications to various domains of physics ranging from condensed matter to cold atoms and light propagation. The standard description of consequences of the presence of this disorder relies on a statistical framework, through the use of a distribution function of the disorder, e.g. encoded by the position of impurities. In most instances, the law of large numbers allows to use a Gaussian distribution to model the disorder. However, in few cases non-Gaussian rare fluctuations of the disorder lead to crucial experimental consequences, similar to those encountered when describing the depinning of an interface. The quantitative description of such cases has proved to be challenging to theoretical physicists.

Remarkably, a such type of disorder-driven quantum phase transition was discovered recently when considering waves with a

quantum relativistic dispersion relation. This transition happens between a pseudoballistic phase and a diffusive metal as a function of the disorder strength (or the energy). It is predicted to occur in particular in the recently discovered three-dimensional Weyl and Dirac semimetals in which, respectively, two and four electronic bands cross linearly at isolated points. However one expects these phenomena to be relevant to other relativistic waves beyond condensed matter, such as ultracold atoms. This transition is fascinating: it is different from the Anderson transition, yet accessible experimentally. Despite a burst of papers, the understanding of this transition is still lacking. A standard approach relates this transition to the  $U(N)$  Gross-Neveu model in the limit of  $N$  goes to 0 [1]. However, there is a little agreement between the predictions of numerical simulations and the various analytical results derived from the Gross-Neveu model. Recently we have developed a functional renormalization group amenable to include non-analytic effects [2]. We show that the previously considered fixed point is infinitely unstable, demonstrating the necessity to describe fluctuations beyond the usual Gaussian approximation. Furthermore, the disorder distribution renormalizes following the so-called porous medium equation which appears in different context in fluid mechanics, mathematical biology, boundary layer theory, and other fields. We relate self-similar solutions of the porous medium equation to a universal mechanism of generation of finite density of states responsible for the transition. We find that the transition is controlled by a non-analytic fixed point drastically different from the fixed point of the  $U(N)$  Gross-Neveu model. Our findings provide a framework for extensions to problems ranging from the mass generation at the chiral symmetry breaking transitions in the high energy physics to non-linear sigma models with infinitely many relevant operators.

## References

1. *Louvet T., Carpentier D., Fedorenko A.A.* On the disorder-driven quantum transition in three-dimensional relativistic metals // *Phys. Rev. B* 2016. 94. 220201(R).
2. *Balog I., Carpentier D., Fedorenko A.A.* Disorder-driven quantum transition in relativistic semimetals: functional renormalization via the porous medium equation // *Phys. Rev. Lett.* 2018. 21, 166402.

**D.C. Dang<sup>1</sup>, A.V. Eremeev<sup>2</sup>, P.K. Lehre<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>*INESC TEC, Porto, Portugal*

<sup>2</sup>*Omsk branch of Sobolev Institute of Mathematics, Omsk, Russia*

<sup>3</sup>*University of Birmingham, Birmingham, United Kingdom*

## **RUNTIME ANALYSIS OF NON-ELITIST EVOLUTIONARY ALGORITHMS WITH FITNESS PROPORTIONATE SELECTION\***

Realising the potential and usefulness of each operator that can constitute randomised search heuristics (RSH) and their interplay is an important step towards the efficient design of these algorithms for practical applications. Theoretical studies, especially runtime analyses of RSH have rigorously and successfully contributed to such realisation. Taking evolutionary algorithms (EAs) as an example, the proofs showing how and when the population size, recombination operators, mixing mutation operators or self-adaptation techniques are essential [3; 6; 8], and better algorithms and operators can also be developed from this type of studies [4].

We analyse the use of the *fitness proportionate* selection in optimising linear fitness functions. This selection mechanism, also known as *roulette-wheel* selection, was the main selection used in the early development of genetic algorithms (GA) and their applications [5]. Specifically, the chance of selecting an individual  $x$  for reproduction is equal to the fitness  $f(x)$  of  $x$  divided by the total fitness of the population. Thus unlike the rank-based selections (tournament selection,  $(\mu, \lambda)$ -selection, ranking selection etc.), this selection is sensitive to the absolute values of fitness function  $f(x)$ , and a non-linear scaling of the function may significantly change its properties. This is often seen as a weakness from the theoretical view point, but at the same time there exists a large body of literature reporting successful applications of the mechanism.

---

\* The research was supported by Russian Foundation for Basic Research grant 16-01-00740.

In this paper, the lower and upper bounds on the runtime, previously known for the OneMax function [2; 7], have been extended to the linear fitness functions. The ranges of parameters, such as the mutation rate and the scaling factor, to which the new bounds apply, provide an improvement to the previously known results for OneMax function as well. The improvement is due to utilization of the new version of level-based theorem [1] and a more detailed analysis of the constants involved.

On the one hand, the lower bound for the EA runtime on linear functions obtained here is independent of variability of the weights in the linear function. On the other hand, our experimental evaluation and the theoretical upper bound on the runtime suggest that linear functions without a great difference in weights are easier to optimize. All of these observations leave a significant open gap for further analysis of the effect of variability in coefficients of linear fitness functions upon the EA runtime.

## References

1. *Corus D., Dang D.C., Eremeev A.V., Lehre P.K.* Level-based analysis of genetic algorithms and other search processes (2017), (To appear in) IEEE Trans. Evol. Comput.
2. *Dang D.C., Lehre P.K.* Runtime analysis of non-elitist populations: From classical optimisation to partial information. *Algorithmica* 75(3), 428-461 (2016).
3. *Doerr B., Johannsen D., Kötzing, T., Lehre P.K., Wagner M., Winzen C.* Faster black box algorithms through higher arity operators // Proc. FOGA'11. pp. 163-172 (2011)
4. *Doerr B., Le H.P., Makhmara R., Nguyen T.D.* Fast genetic algorithms // Proc. of GECCO'17. pp. 777-784 (2017)
5. *Goldberg D.E.* Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc. (1989)
6. *Jansen T., Wegener I.* On the utility of populations in evolutionary algorithms // Proc. of GECCO'01. pp. 1034-1041 (2001).
7. *Lehre P.K.* Fitness-levels for non-elitist populations // Proc. of GECCO'11. pp. 2075-2082 (2011).
8. *Witt C.* Population size versus runtime of a simple evolutionary algorithm. *Theor. Comput. Sci.* 403(1), 104-120 (2008).

*А.С. Капран*

*Карлов университет, г. Прага, Чехия*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАЗМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

Для создания компьютерной модели любого процесса, протекающего в плазме, первым делом необходимо четко сформулировать математическую модель и выбрать программное обеспечение для ее реализации. Выбор программы при этом имеет основополагающее значение. Описание пространственно-временных задач обычно выражается в форме дифференциальных уравнений в частных производных. Большинство подобных задач нельзя решить в рамках аналитического подхода. Вместо этого используются различные типы дискретизации.

Метод конечных элементов (МКЭ) является одним из наиболее эффективных численных методов решения математических задач, описывающих сложные системы, такие как высокотемпературная плазма. Данный метод лежит в основе пакета ComsolMultiphysics.

В ComsolMultiphysics применяются численные методы математического анализа в моделировании, основанные на дифференциальных уравнениях в частных производных и методе конечных элементов. Данное программное обеспечение позволяет выполнить моделирование нескольких физических процессов, протекающих одновременно в сложных технических плазменных устройствах, а также обрабатывать результаты экспериментов.

МКЭ характеризуется приближенным численным решением исходной задачи [2]:

$$\varphi \approx \psi + \sum_{m=1}^M a_m \cdot N_m, \quad (1)$$

где  $\varphi$  – неизвестная функция,  $\psi$  – некоторая функция, принимающая одинаковые значения на границах расчетной области  $\Gamma$ ,

$N_m$  – система независимых базовых функций,  $a_m$  – параметры, рассчитываемые таким образом, чтобы получить хорошее приближение.

Таким образом, область  $\Omega$  разбивается на ряд отдельных подобластей или элементов  $\Omega_e$  так, что аппроксимация  $\phi$  строится отдельно на каждой из подобластей. В отличие от классических методов аппроксимации, в которых базисная функция  $N_m$  определяется одним выражением на всей области  $\Omega$ , метод конечных элементов определяет базисные функции кусочно. Тогда определенные интегралы, входящие в аппроксимирующие уравнения, получены простым суммированием каждого элемента:

$$\int_{\Omega} W_e \cdot R_{\Omega} \cdot d\Omega = \sum_{e=1}^E \int_{\Omega^e} W_e \cdot R_{\Omega} \cdot d\Omega, \quad (2)$$

$$\int_{\Gamma} W_e \cdot R_{\Gamma} \cdot d\Gamma = \sum_{e=1}^E \int_{\Gamma^e} W_e \cdot R_{\Gamma} \cdot d\Gamma \quad (3)$$

при условии, что  $\sum_{e=1}^E \Omega^e = \Omega$  и  $\sum_{e=1}^E \Gamma^e = \Gamma$ , где  $E$  – суммарное количество подобластей, на которые разделена расчетная область,  $\Gamma^e$  – часть границы  $\Omega^e$ , лежащей на  $\Gamma$ .

Характерным примером может служить динамика частиц в плазме токамака. В рамках такой задачи рассматривается неоклассическая теория процессов переноса. Задав в Comsol определенные выражения для коэффициентов теплопроводности и диффузии, возможно рассчитать профили температуры и плотности, затем сопоставить их с имеющимися экспериментальными данными. Коэффициенты частных производных задаются в виде понятных физических параметров, таких как магнитная индукция, плотность тока, магнитная проницаемость, напряженность поля и т. п. в зависимости от выбранного физического раздела [1].

Так как многие законы физики плазмы выражаются в форме частных дифференциальных уравнений, становится возможным моделировать широкий спектр научных и инженерных явлений из многих области физики плазмы: химические реакции, диффузия, электромагнетизм, гидродинамика, транспортировка частицы многих других. Для решения задачи нет необходимости



проводить вручную сложные расчеты – система выполнит их самостоятельно. Таким образом, на сегодняшний день самым доступным источником количественной информации о поведении плазмы в термоядерных установках является компьютерное моделирование, основанное на хорошо проработанных математических моделях.

### **Литература**

1. *Макарьянц Г.М., Прокофьев А.Б.* Основы метода конечных элементов: учеб. пос. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013. 80 с.
2. *Сегерлинд Л.* Применение метода конечных элементов. М.: Мир, 1979. 159 с.

УДК 004.42

***Е.С. Глок, Г.С. Мурадилова***

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

## **МЕТОДЫ ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОГРАММ В ВУЗЕ**

Социальную эффективность качества современного образования в вузе определяется рядом факторов, среди которых основное место занимает содержание образовательных программ. Данный аспект образования в вузе регулируется государственная программой развития образования и науки Республики Казахстан, которая, определяет формирование у студентов в качестве результатов обучения определенных способностей осуществлять профессиональную деятельность и выполнять трудовые функции, соответствующие направлению подготовки – образовательных компетенций.

Создание системы качественной оценки образовательных результатов является одной из приоритетных задач Государственной программы развития образования Республики Казах-

стан на 2011–2020 годы. Для обеспечения качественной оценки учебных достижений требуется определение четкого критериального аппарата.

На данный момент существует большое разнообразие математических моделей и подходов, применяемых для контроля знаний и берущих свое начало из таких разделов математики, как теория вероятностей и математическая статистика, теория нечетких множеств и нечеткая логика, теория графов, комбинаторная топология и теория фракталов, комбинаторная топология и теория фракталов, теория принятия решений и исследование операций.

Методы оценки знаний Зайцева Л.В. разделяют на два основных класса [1]:

- классификационные модели;
- математические методы.

На наш взгляд, наиболее точным, имеющим критериальную классификацию, является исследование А.А. Проскурнина, который предлагает разделить модели оценки знаний на три таких больших класса, как – модели оценки уровня знаний, модели диагностики знаний, модели распознавания [2].

Рассмотрим достоинства и недостатки основных моделей оценки знаний.

Таблица 1

### Модели оценки уровня знаний

<i>Вид модели</i>	<i>Достоинства</i>	<i>Недостатки</i>
Определения доли правильных ответов (Л.В. Зайцева)	Простота	Зависимость от единственного параметра
С учетом времени выполнения задания (Л.В. Зайцева)	Объективный параметр – время	Учет сложности задания отсутствует
На основе метода линейно-кусочной аппроксимации (Л.В. Зайцева)	Учет индивидуальных особенностей студентов, трудности задания и ранга студента	Субъективное определение значения весовых коэффициентов заданий, несколько попыток выполнения задания приводит к случайности правильного ответа

## Окончание табл. 1

<i>Вид модели</i>	<i>Достоинства</i>	<i>Недостатки</i>
На основе современной теории тестов (М.Б. Челышкова)	Оценка латентных параметров как некоторых переменных	Инвариантность
На основе нечёткой логики (О.Ф. Михаль)	Попытка интеллектуализировать систему контроля знаний	Неопределенность, затрудняющая применение количественных методов
Получения интегральной оценки (Л.В. Зайцева, В.С. Ким)	Дифференцированный учёт правильных и неправильных ответов	Субъективность
На основе уровней усвоения (Л.В. Зайцева)	Задания по уровням, оценка дифференцированная	Спорная очередность уровней усвоения, завышенность критерия
Вероятностных критериев уровня подготовки (В.С. Аванесов)	Зависимость вероятности правильного ответа от уровня подготовленности испытуемого, от параметров задания; учитываются риски недооценки и переоценки	Требуется задание для уточнения
Статистические модели (И.Д. Рудинский)	Использование методов теории вероятности и математической статистики	Недостаточная определенность результатов тестирования
На основе сравнения (Т.Г. Калашникова)	Эталонная модель может быть воплощена в реально существующую	Абстрактное представление эталонной структуры

Таблица 2

**Модели диагностики знаний**

<i>Вид модели</i>	<i>Достоинства</i>	<i>Недостатки</i>
Простая модель	Учет дидактических единиц	Условное количество тематических единиц
Диагностика по модели учебного материала (А.Б. Андреев)	Возможность формировать очередное задание на основе существующей базы знаний и ответов студентов	Формальная структура учебного материала и уровней сложности его структурных элементов
Диагностика знаний на основе байесовского подхода (Г.А. Атанов)	Подробный алгоритм выполнения	Субъективность определения ЗУН для решения задачи, субъективное соответствие между ЗУН и задачами

Таблица 3

**Модели распознавания (классификации)**

<i>Вид модели</i>	<i>Достоинства</i>	<i>Недостатки</i>
На основе статистических гипотез (В.И. Васильев)	Минимальная ошибка принятия решения при фиксированной выборке или минимальная выборка наблюдений при заданных ошибках	Субъективный оптимальный порог обученности тестируемого
На основе вычисления оценок (Ю.И. Журавлёв, Л.В. Зайцева)	Эталонные таблицы оценивания	Вычисление оценок по общепринятой системе не всегда позволяет дать объективную оценку знаний студента

Приведенные модели оценки знаний оценивают знания по различным критериям. На получение количественной, интегральной оценки обучаемого направлены модели оценки уровня знаний. Выявить пробелы в знаниях позволяют модели диагностики, которые предполагают оценивание дидактических единиц изучаемого учебного объекта взамен интегральной оценки. Модели распознавания или классификации соотносят обучаемого с одним из заранее определенных классов (например, аттестован или не аттестован).

Таким образом, в настоящее время существует большое многообразие моделей и методик оценки образовательных результатов, множество критериев, однако единого алгоритма и концепции их формирования не существует.

**Литература**

1. *Проскурнин А.А.* Математические модели оценки знаний. URL: <http://it-claim.ru/Library/Books/ITS/wwwbook/IST7/proscurnin/Proscurnin.htm> (дата обращения: 10.10.2018).
2. *Зайцева Л.В., Прокофьева Н.О.* Модели и методы адаптивного контроля знаний // Образовательные технологии и общество. 2004. Т. 7, № 4. С. 265–277.

*Е.В. Шевчук<sup>1</sup>, А.В. Шнак<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Северо-Казахстанский государственный университет им. М. Козыбаева,  
г. Петропавловск, Казахстан  
<sup>2</sup>Лицей, г. Калачинск, Россия*

## **МОДЕЛЬ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕСТА**

Современная тестология оставляет относительно открытым вопрос о выявлении тестируемых, которые, отвечая на тест, просто-напросто гадали. Подходы к определению качества тестового задания, при которых выравнивается доля очень легких и очень трудных вопросов, не меняет статус угаданных ответов.

Некоторые тестологи предлагают ввести перед выставлением оценки коррекцию баллов на угадывание. Но многие тестологи справедливо с этим не согласны, считая, что данная формула одинаково штрафует и тех, кто отвечал на тест, не прибегая к такому методу, как «угадывание», и тех, кто действительно отвечал на тестовые задания «наугад» [1].

В настоящей статье предлагается новый подход, при котором не происходит повального штрафования тестируемых путем коррекции баллов на угадывание.

Существует категория тестовых заданий, на которые тестируемые по различным причинам преимущественно отвечают, не задумываясь, или гадая. Однако при традиционной статистической обработке теста эти задания зачастую не попадают в разряд малоотвечаемых, или ненадежных.

Без выявления таких «гадаемых» заданий перед определением уровня надежности и валидности теста традиционными методами, существует вероятность того, что надежность и валидность теста будет определена неправильно.

Предлагаемый в настоящей статье алгоритм выявления «гадаемых» тестовых заданий позволяет выявить группу тести-

руемых, которые, с большой долей вероятности, гадали, и группу ненадежных тестовых заданий, на которые большинство тестируемых отвечали по разным причинам (психологическим, методическим и др.) наугад.

Алгоритм определения «угадываемых» тестовых заданий (на примере закрытого компьютерного теста с одним вариантом правильного ответа из пяти).

1. Моделируется кластер тестируемых, которые отвечают на тест, не задумываясь, т. е. случайным образом выбирают ответы. Если стандартное тестовое задание состоит из вопроса и 5 вариантов ответов, то случайный тестируемый набирает наугад результат  $20 \pm 4$  % от максимума в сто процентов. При этом, используя методы математической статистики [2], можно сделать вывод, что количество одновременно выбравших правильные ответы на одно тестовое задание составит в среднем  $20 \pm 6$  % на каждом задании (при объеме вопросов  $\sim 100$ , объеме тестируемых  $\sim 300$ ).

Таким образом, при оценке качества тестов логично будет исключить из рассмотрения те тестовые задания, на которые ответили  $20 \pm 6$  % тестируемых от их общего числа, и логично предположить, что тестируемые, набравшие  $20 \pm 4$  % от общего числа баллов, скорее всего гадали.

2. Далее, на модели «гадающих» тестируемых вычисляется среднее число попарных перекрытий тестовых заданий, т. е. для каждой пары тестовых заданий вычисляется число одинаковых ответов (например, если студент одновременно отвечает или не отвечает на эти 2 вопроса). С надежностью 99 % это число –  $67 \pm 1$  % от общего числа тестируемых.

3. Из реальных «подозрительных» тестовых заданий, выявленных по схеме, изложенной в пункте 1 ( $20 \pm 6$  %) выделяют те, число попарных перекрытий которых  $67 \pm 1$  %. Ответы на остальные тестовые задания получились неслучайным образом (например, списыванием или действительно, не гаданием, а попыткой думать).

4. Совокупность оставшихся реальных подозрительных тестовых заданий (перечисление 3) проверяется на предмет схожести распределения по критерию Фишера с совокупностью смодели-

лированных случайных тестовых заданий. В случае положительного результата с надежностью, принятой при вычислении статистики Фишера, можно принять решение о том, что большинство тестируемых отвечали на них случайным образом, гадая. Вполне логично будет исключить из рассмотрения эти тестовые задания, как имеющие «шумовой эффект» перед процедурой традиционной статистической оценки теста на надежность и валидность.

5. Исключив из рассмотрения ненадежные тестовые задания, можно подсчитывать результаты компьютерного тестирования. Причем нижней планкой для тестируемых в этом случае должен быть результат не ниже  $20\% + 2 \times 4\% = 28\%$  от максимума (на конечном интервале разброс просуммированного фактора формируемого большим количеством независимых причин оценивается как  $2\sigma$  [2]).

Также следует учитывать, что в интервал от 12 до 28 % попадут те тестируемые, которые «гадали», ниже 12 % – те, которые заблуждались сознательно.

Описанная выше технология повышения надежности компьютерного тестирования запатентована авторами статьи и реализована в рамках информационно-образовательной среды вуза [3; 4].

### **Литература**

1. *Аванесов В.С.* Научные проблемы тестового контроля знаний. М.: Иssl. Центр, 1994. 135 с.
2. *Кобзарь А.И.* Прикладная математическая статистика. М.: Физматлит, 2006. 816 с.
3. *Мутанов Г.М., Шевчук Е.В.* Экспертная система оценки знаний методом тестирования. Алматы: Казак университети, 2012. 152 с.
4. *Шпак А.В., Шевчук Е.В.* Информационно-образовательная среда. Опыт и перспективы. LAMBERT Academic, 2016. 99 с.

*P.V. Zakharov<sup>1</sup>, A.M. Eremin<sup>1</sup>, A.I. Cherednichenko<sup>1</sup>,  
M.D. Starostenkov<sup>2</sup>, S.V. Fenskii<sup>1</sup>, A.S. Vdovin<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>*Shukshin Altai State Humanities Pedagogical University, Biysk, Russia*

<sup>2</sup>*Polzunov Altai State Technical University, Barnaul, Russia*

## **INVESTIGATION OF NONLINEAR SUPRATRANSMISSION IN THE A<sub>3</sub>B STEHIOMETRY CRYSTAL AT INTENSIVE EXTERNAL EXPOSURE\***

Modes of modification of near-surface layers of materials are very often based on surface treatment by high-intensity external influences in the form of plasma discharge, annealing, current pulses, etc. Energy flows from the surface of crystals affect the structural and energy transformations of materials, thus ensuring the modification of the near-surface layers of matter. In this article we have considered the effect of energy transfer during periodic exposure to the crystal surface of the stehiometric composition A<sub>3</sub>B, which has a forbidden band in the phonon spectrum of the crystal. The effect was carried out over a wide range of frequencies both in the phonon spectrum and outside the phonon spectrum of the crystal. The effect of energy transfer at frequencies outside the phonon spectrum of a crystal is called a nonlinear supratransmission [1]. The model we are considering is a three-dimensional FCC crystal of A<sub>3</sub>B stehiometry, using the example of Pt<sub>3</sub>Al, which contains  $32 \cdot 10^3$  particles (Fig. 1) interacting via the potential obtained by the immersed atom method (EAM potential) [2].

The simulation was carried out using the LAMMPS package [3]. It was shown that energy transport by this mechanism is possible along the directions corresponding to the crystallographic directions of the existence of a quasi-breather in a crystal. We note that quasi-

---

\* For AME, the PVZ study was carried out with the financial support of the Russian Foundation for Basic Research and the Altai Territory project No. 18-42-220002 p\_a; MDS is grateful to the Ministry of Education and Science of the basic part of the state task, project No. 3.4820.2017 / BC.



breathers mean high-amplitude nonlinear oscillations of atoms of the light component of an alloy at frequencies outside the phonon spectrum of the crystal.

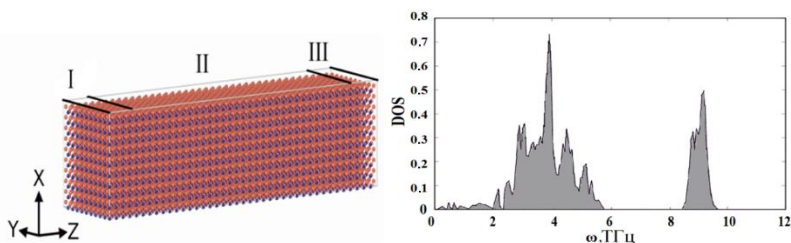


Fig. 1. a) The three-dimensional model of the Pt<sub>3</sub>Al crystal, the X axis is directed along the crystallographic direction  $\langle 100 \rangle$ , Y –  $\langle 010 \rangle$ , Z –  $\langle 001 \rangle$ . The number I indicates the region of periodic impact, II – the region of energy absorption, III – rigidly fixed atoms; b) the density of the phonon states of the crystal Pt<sub>3</sub>Al

## References

1. Geniet F., Leon J. // Phys. Rev. Lett. 2002. Vol. 89. P. 134102.
2. Zhou X.W., Johnson R.A., Wadley H.N.G. // Physical Review B. 2004. Vol. 69. P. 144113.
3. LAMMPS Molecular Dynamics Simulator. URL: <http://lammps.sandia.gov/>

УДК 519.6:004.94

**П.А. Юшкевич, А.Г. Масловская**

*Амурский государственный университет, г. Благовещенск, Россия*

## КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТКЛИКА СИСТЕМЫ «РЕАКЦИЯ – ДИФфуЗИЯ» НА ДИНАМИЧЕСКОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

В настоящее время нестационарные процессы типа «реакция – диффузия» возникают в различных приложениях: распространение нервных импульсов, динамика популяций живых организмов, изменение цен в опционах, облучение материалов концентрирован-

ными потоками энергии и др. Для математической формализации подобных объектов используют краевые задачи в постановке нелинейных многомерных уравнений с частными производными параболического типа. Поскольку аналитические методы разработаны для достаточно узкого класса задач, в инженерной и научной практике широкое распространение получили методы вычислительной математики. Цель настоящей работы заключается в разработке системы компьютерного моделирования процесса «реакция – диффузия» в режиме динамического воздействия внешнего источника.

Сформулируем математическую постановку задачи моделирования в виде начально-граничной задачи для двумерного уравнения параболического типа в следующей постановке:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = D \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - Cu^2 + f, \quad x \in [0, L], \quad y \in [0, L], \quad t \in [0, T], \quad (1)$$

где  $D$  – коэффициент диффузии,  $C > 0$  – параметр при реакционном слагаемом,  $f = f(x, y)$  – функция источника,

$$u(x, y, t_0) = 0, \quad x \in [0, L], \quad y \in [0, L], \quad t_0 = 0, \quad (2)$$

$$\left. \frac{\partial u}{\partial x} \right|_{x=0} = 0, \quad \left. \frac{\partial u}{\partial y} \right|_{y=0} = 0, \quad u|_{x=L} = 0, \quad u|_{y=L} = 0, \quad t \in [0, T]. \quad (3)$$

Источник начинает движение из позиции  $L/2$  в момент времени  $t_0$  и движется с постоянной скоростью вдоль оси  $OY$ . Для построения вычислительной схемы была использована конечно-разностная схема расщепления переменных направлений. Конечно-разностная схема конструируется в два этапа с введением аппроксимации для уравнения и граничных условий на двух временных слоях, первый из которых соответствует полушагу, а второй, соответственно, полному шагу по времени. Для аппроксимации реакционного слагаемого использован принцип замороженных коэффициентов. Аппроксимация краевых условий II рода учитывалась в разностных уравнениях задачи. Итоговые системы линейных алгебраических уравнений решаются методом прогонки на каждом временном подслое. Схема имеет второй порядок аппроксимации по времени и координатам, монотонна и абсолютно устойчива.

Для программного решения данного класса задач было разработано приложение в ППП Matlab. С целью верификации дан-

ных моделирования проведена проверка практической сходимости схемы для модельной задачи. Кроме того, проведено сопоставление данных решения тестовой задачи (для линейного реакционного слагаемого) с данными моделирования в среде COMSOL Multiphysics. Параметрами вычислительного эксперимента являются: параметр при реакционном слагаемом, коэффициент диффузии, линейные размеры объекта, период времени наблюдения, параметры источника, задаваемого функцией Гаусса, а также параметры управления вычислительным процессом (шаги по координатам и времени). В простейшем случае источник перемещается из позиции  $(0, L/2)$  с постоянной скоростью, равной шагу по координате в единицу времени. Программное приложение позволяет строить анимацию последовательных стадий эволюции искомой функции  $u(x, y, t)$  при варьировании значений параметров модели. При движении источника наблюдается асимметричное смещение изолиний искомой функции.

В числе важнейших прикладных задач, формализуемых с помощью уравнений «реакция – диффузия», можно выделить класс моделей биологических сообществ, в частности, колоний бактерий [1]. В последние годы такие процессы нашли описание в терминах модели «реакция – диффузия». В данном подходе бактерия рассматривается не как простейший и примитивный организм, а вводится описание коллективного поведения этого сообщества, обладающего «чувством кворума» («quorum-sensing»). В перспективе разработанная система моделирования реакционно-диффузионной системы может быть модифицирована для описания этого явления с учетом наличия обратной связи и эффекта запаздывания [2].

## Литература

1. Kuttler C., Frederic M.R., Hense B.A., Eberl H.J. A mathematical model of quorum sensing regulated EPS production in biofilm communities // *Theoretical Biology and Medical Modelling*. 2011. Vol. 8. P. 1–29.
2. Павельчук А.В., Габрелян Н.Л., Масловская А.Г. Численное решение одного класса нелинейных реакционно-диффузионных уравнений параболического типа с запаздыванием // *Вестник Амурского государственного университета*. Серия: Естественные и экономические науки. 2017. № 77. С. 3–7.

**Д.Н. Бухаров, А.А. Антипов, А.В. Истратов,  
О.А. Новикова, С.М. Аракелян**

*Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,  
г. Владимир, Россия*

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ЛАБИРИНТНЫХ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ НАНОПЛЕНОК\***

Сегодня гранулированные лабиринтные металлические пленки завоевывают обширную сферу применения в различных приложениях нано- и микроэлектроники, что связываю с уникальностью их строения и проявляемых ими электрических и оптических свойств.

Коллективом авторов данной статьи проводятся экспериментальные исследования по получению таких нанопленок с помощью метода лазерно-плазменного напыления [1]. Измерение вольтамперных характеристик производилось с использованием четырехзондовой схемы с линейным расположением контактов [2].

На рис. 1 представлены вольтамперные характеристики полученных пленок.

Алгоритм моделирования электропроводных свойств лабиринтных металлических нанопленок состоит из нескольких этапов:

1. Генерация случайного лабиринта методом землеройки [3].
2. Построение пути из точки А в точку В, который будет дорожкой проводимости и расчет его длины. Для нахождения дорожки проводимости используем волновой алгоритм (алгоритм Ли) [4].

3. Расчет вольт амперной характеристики дорожки проводимости по закону Ома для участка цепи  $I = \frac{U}{R}$ , где  $U$  – напряжение, а  $R$  вычисляется по классической формуле  $R = \rho \frac{l}{S}$ , где  $\rho$  –

---

\* Работа выполнена при поддержке гранта президента РФ для молодых кандидатов наук МК-3053.2017.2 и проектной части государственного задания 16.1123.2017/4.6.

удельное электрическое сопротивление материала,  $l$  – длина проводящей дорожки, вычисленная по перколяционной модели,  $S$  – площадь ее сечения.

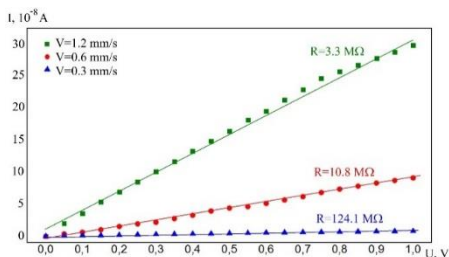


Рис. 1. Вольтамперные характеристики биметаллических пленок

По приведенному выше алгоритму, было проведено построение случайного лабиринта как модели поверхности пленки, рассчитана электропроводность для биметаллической лабиринтной пленки Ag/Au, где соотношение частиц золота и серебра выбиралась равным 50:50. На рис. 2 изображен случайный лабиринт и путь протекания тока. Вольт амперные характеристики при варьировании напряжения от 0,05 до 1 В приведены на рис. 3.

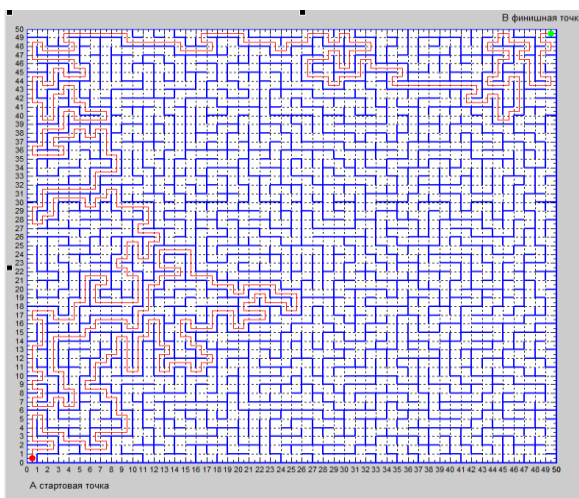


Рис. 2. Случайный лабиринт и путь протекания тока

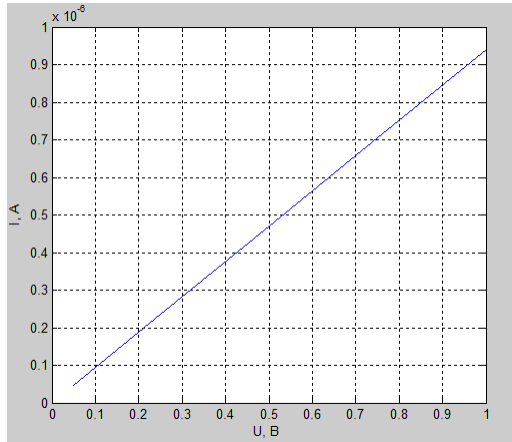


Рис. 3. Вольтамперные характеристики

Полученные вольтамперные характеристики позволили в первом приближении смоделировать проводимость полученных биметаллических пленок при различных условиях.

#### Литература

1. *Kucherik A.O., Arakelyan S.M., Kutrovskaya S.V. et al.* // Journal of Nanomaterials, 2017 V. Article ID 8068560.
2. *Smits F.M.* Measurement of Sheet Resistivities with the 4-point Probe// Bell System Technical Journal 37, 711–718 (1958).
3. Простой алгоритм генерации лабиринтов. URL: <https://habr.com/post/318530/>
4. *Козадаев А.С., Дубовицкий Е.В.* Реализация волнового алгоритма для определения кратчайшего маршрута на плоскости при моделировании трасс с препятствиями // Вестник ТГУ. 2010. Т. 15, вып. 6.

*А.В. Бородин, А.А. Крыловецкий*

*Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия*

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Задача классификации изображений является фундаментальной проблемой компьютерного зрения. Её суть заключается в том, чтобы определить каждое изображение в один из предопределённых классов. Кроме того, она формирует основу для других задач компьютерного зрения, таких как локализация, обнаружение и сегментация.

Один из самых распространённых способов классификации – способ, основанный на описании объектов с помощью признаков. Другими словами, каждый объект характеризуется набором числовых или нечисловых признаков. Однако во многих задачах нелегко понять, какие признаки нужно выделять. Допустим, к примеру, что мы пишем программу обнаружения самолётов на фотографиях. Мы знаем, что у самолётов есть крылья, поэтому могли бы считать присутствие крыла признаком. К сожалению, на уровне пикселей трудно описать, как выглядит крыло. Крыло самолёта может иметь различную форму, а распознавание его изображения может быть осложнено отбрасыванием теней, блеском солнца на корпусе самолёта, наличием объектов на переднем плане, частично загораживающих крыло, и так далее.

Действительно, компьютеру трудно понять смысл исходных данных, таких, например, как изображение, представленное в виде набора значений пикселей. Функция, отображающая множество пикселей в распознанный объект, очень сложна. Если подходить к задаче вычисления или обучения этого отображения в лоб, то она выглядит безнадежной. Данную проблему решает глубокое обучение, разбивая искомое сложное отображение на ряд более простых вложенных, каждое из которых описывается отдельным слоем модели [1]. Входные данные представлены ви-

димым слоем (он называется так, потому что содержит переменные, доступные наблюдению). За ним идет ряд скрытых слоев, которые извлекают из изображения все более и более абстрактные признаки. Слово «скрытый» означает, что значения, вырабатываемые этими слоями, не присутствуют в данных; модель должна сама определить, какие концепции полезны для объяснения связей в наблюдаемых данных [2].

В области распознавания и классификации образов наиболее успешные результаты были получены с помощью искусственных нейронных сетей. Глубокие нейронные сети сумели превзойти другие алгоритмы машинного обучения. Они первыми достигли превосходства над человеком в определенных областях распознавания образов [3].

Для данной работы была выбрана задача распознавания фруктов на изображениях. Были исследованы различные архитектуры нейронных сетей для решения этой задачи. Среди них была выбрана архитектура сверточной нейронной сети, как наиболее эффективной для решения поставленной задачи. Для нее были найдены параметры сети, обеспечивающие большую скорость обучения и высокий процент распознавания фруктов [4]. Отметим, что все предлагаемые модели были реализованы с использованием библиотеки Keras с поддержкой Tensorflow. В процессе обучения моделей использовалась платформа для параллельных вычислений CUDA.

Одной из главных целей будущих исследований является повышение точности нейронной сети. Это предполагает дальнейшие эксперименты со структурой сети. Изменение значений параметров, а также введение новых слоев могут обеспечить совершенно другие результаты классификации.

## **Литература**

1. *Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А.* Глубокое обучение. М.: ДМК Пресс, 2018. 652 с.
2. *Николенко С.И., Кадурич А.А., Архангельская Е.О.* Глубокое обучение. СПб.: Питер, 2018. 480 с.
3. *Шолле Ф.* Глубокое обучение на Python. СПб.: Питер, 2018. 400 с.
4. *Бородин А.В., Крыловецкий А.А.* Применение сверточных нейронных сетей для задачи распознавания изображений // Сборник студенческих научных работ факультета компьютерных наук ВГУ. Воронеж: Изд. дом ВГУ, 2018. Вып. 12. С. 43–48.



***И.Л. Доненко<sup>1</sup>, Л.Н. Доненко<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup>Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского,  
г. Симферополь, Россия*

*<sup>2</sup>Новофедоровская школа-лицей, пгт. Новофедоровка  
(Сакский район, Республика Крым), Россия*

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ ФОТОННЫХ КРИСТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ В СВОБОДНОМ ПРОСТРАНСТВЕ ЛАЗЕРНОГО ПОЛЯ**

В настоящее время интерес к зонным пластинкам связан с тем, что они являются ключевым элементом формирования изображений в томографии и рентгеновской микроскопии.

В наших ранних работах [1; 2] представлены экспериментальные результаты исследований и в работах В.А. Лукьяненко, А.В. Доненко [3], представлена математическая модель данного эксперимента.

В данной работе представлены результаты компьютерного моделирования, и экспериментального исследования фазовых зонных пластинок в близи фокуса микрообъектива.

Методика измерения заключается в получении дифракционных картин лазерного излучения прошедших различного типа транспаранты в свободном пространстве и расчёте их фрактальных размерностей.

Для расчёта интенсивности от фокусного расстояния применялось авторское программное обеспечение.

Для транспаранта типа ковры Серпинского было получено, что структура фрактальной размерности не разрушается. Экспериментальная кривая совпадает с теоретической.

Для спиралевидного транспаранта в отличие от транспаранта типа ковры Серпинского, при прохождении двойного фокуса получается инверсное изображение, а при прохождении фокуса структура имеет вид двойной спирали. За двойным фокусом происходит разрушение дифракционной картины.

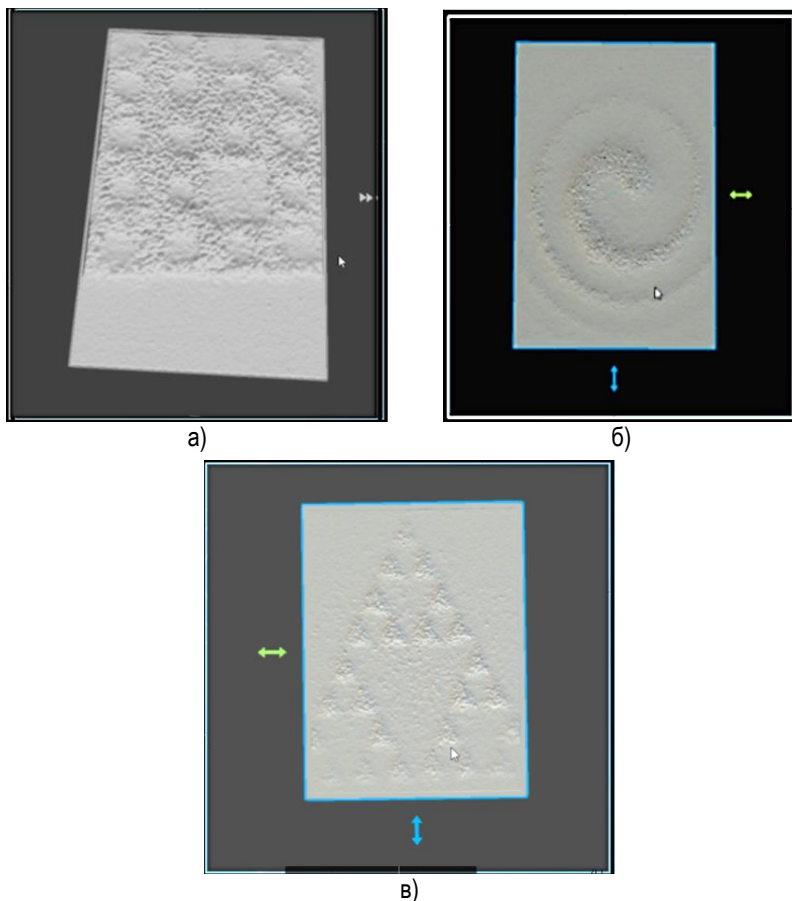


Рис. 1. а) 3D модель фотонного кристалла для ковра Серпинского;  
 б) 3D модель фотонного кристалла для спиралевидного прозрачного;  
 в) 3D модель фотонного кристалла для треугольника Серпинского

Для прозрачного типа: «треугольник Серпинского» получено фрактальное изображение и его размерность близкая к теоретической. Треугольник Серпинского является неустойчивым прозрачным так как маленькие треугольники схлопываются при определенной итерации, что приводит к разрушению фрактальной дифракционной картины.

Впервые построены 3D модели пространственных фотонных кристаллов, сформированных на основе полученных экспериментальных данных.

### **Литература**

1. *Доненко И.Л.* Фрактальное отображение полей многомодовых оптических волокон. Симферополь: КФУ им. В.И. Вернадского, 2017.
2. *Доненко И.Л., Шостка В.И.* Виртуальное моделирование и исследование оптических фрактальных отображений. Тамбов: ТГТУ, 2017.
3. *Лукьяненко В.А., Доненко А.В.* Нелинейные параболические уравнения и их приложения. Симферополь: КФУ им. В.И. Вернадского, 2017.

УДК 62-54+681.511

***О.Г. Антоновская***

*Нижегородский государственный  
архитектурно-строительный университет, г. Нижний Новгород, Россия*

## **МЕТОД ТОЧЕЧНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ В МОДЕЛИРОВАНИИ СИСТЕМЫ С КОМБИНИРОВАННЫМ ЧАСТОТНО-ФАЗОВЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Известно [1], что практические потребности в разработке способа быстрой перестройки автоколебательных систем на основе использования информации о фазо-частотных свойствах их колебаний диктует необходимость развития приемов качественно-численного моделирования динамики соответствующих систем управления [2]. При этом использование степени заполненности счетчика числа колебаний подстраиваемого генератора (ПГ) в качестве фазовой координаты позволяет не только обоснованно процедуру построения математической модели (ММ) по методу точечных отображений, но и расширить возможности качественного анализа динамики синтезаторов частот (СЧ) с кусочно-постоянной формой сигнала управления [3].

В настоящем докладе излагаются основные моменты применения указанной методики к исследованию динамики системы синхронизации (СЧ) с комбинированной широтно-импульсной модуляцией управляющего сигнала [4]. Следует отметить, что в системе с комбинированным частотно-фазовым управлением (КИЧФД) [2] контур с фазовым управлением функционирует в случае, если импульсы синхронизирующего опорного сигнала (ОС) чередуются во времени с выходными импульсами счетчика (С). Частотное управление в системе КИЧФД включается, если процесс чередования импульсов ОС и С нарушается. При появлении подряд двух или более импульсов С принудительно устанавливается минимально возможное значение сигнала управления, а при появлении двух или более импульсов ОС – его максимально возможное значение. Вследствие принципиальной нелинейности процессов в системе с КИЧФД в режиме фазового управления [3] разработка процедуры моделирования процессов перехода от режима фазового управления к режиму частотного управления необходима для построения математической модели в целом [4]. Таким образом, для СЧ с КИЧФД пространство состояний состоит из трех основных подпространств, в каждом из которых поведение фазовых траекторий определяется уравнениями с постоянной структурой. Изучение свойств фазовых траекторий в каждом из подпространств позволяет получить функции последования порождаемых ими точечных отображений, а также переходных точечных отображений между подпространствами.

В докладе предлагается методика качественного рассмотрения переходных процессов в СЧ с КИЧФД на основе построенной ММ. Обсуждается возможность глобальной устойчивости синхронного режима в указанном типе СЧ. Для представления получаемых результатов в обобщенном и удобном для последующего качественного анализа виде предложено использовать таблицы переключений (или в их континуальном варианте – поверхности переключений) [4].

### **Литература**

1. Современные проблемы создания и эксплуатации радиотехнических систем // Труды седьмой Всероссийской научно-практической конференции. Ульяновск: Изд. УлГУ, 2011.

2. Левин В.А. Малиновский В.Н., Романов С.К. Синтезаторы частот с системой импульсно-фазовой автоподстройки. М.: Радио и связь, 1989.
3. Антоновская О.Г., Горюнов В.И. Качественный анализ синтезатора частоты с комбинированным управлением при переключении частоты в широком диапазоне // Системы фазовой синхронизации. 2015. Т. 6, № 2. С. 16–22.
4. Антоновская О.Г. О методике качественного анализа переходных процессов в синтезаторе частоты с комбинированным управлением // Системы фазовой синхронизации. 2017. Т. 8, № 3. С. 12–14.

УДК 519.6+532

***И.А. Панкратов***

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

## **О МОДИФИКАЦИИ СТАНДАРТНЫХ РЕШАТЕЛЕЙ OpenFOAM ПРИ РАСЧЁТЕ ОБТЕКАНИЯ ТЕЛ ПРОСТЕЙШИХ ФОРМ**

В рамках модели вязкой несжимаемой жидкости рассмотрена задача обтекания неподвижного твердого тела. Этот процесс описывается нестационарной системой уравнений Навье–Стокса. Известно, что при численном решении задач гидродинамики обычно используется метод конечных разностей [1]. В этом случае значения искомых параметров находятся лишь в конечном наборе точек, принадлежащих расчётной области. Ранее автором в работах [2–6] для расчёта течений несжимаемой жидкости был применён метод взвешенных невязок [7; 8]. Такие гидродинамические величины, как скорость, функция тока и т. д., были представлены в виде линейной комбинации базисных функций. В настоящей работе расчёт параметров течения вязкой несжимаемой жидкости произведён с помощью метода конечных объёмов, который реализован в пакете OpenFOAM [9].

В качестве расчетной области был выбран параллелепипед. В него помещалось обтекаемое тело (шар, пластина, конус), координаты точек которого хранились в STL-файле. Для более тонкой настройки сетки около обтекаемого тела были выделены несколько областей. В каждой области задавались свои параметры построения сетки. Полученные в данной работе коэффициенты лобового сопротивления согласуются с результатами других исследователей [10–13].

В настоящей работе был рассмотрен случай, когда вязкость жидкости не является постоянной, а изменяется по степенному закону Оствальда-де-Ваале. При этом к стандартному решателю OpenFOAM было добавлено нестационарное уравнение теплопроводности для вычисления температуры.

Аналогично были смоделированы ситуации, когда вязкость жидкости уменьшается (увеличивается) с течением времени; или зависит от координат текущей точки.

С помощью ParaView [14] были построены картины распределения модуля скорости и давления в различные моменты времени.

Проведенное компьютерное моделирование обтекания тел ламинарным потоком вязкой несжимаемой жидкости при постоянном и переменном коэффициентах вязкости позволяет сравнить стандартные решатели OpenFOAM между собой. Установлено, что результаты работы решателей simpleFoam и pisoFoam согласуются с теоретическими и экспериментальными данными, полученными другими исследователями. Эти решатели имеют высокую скорость сходимости к решению.

Решатели isoFoam и rimpleFoam дают большую погрешность в одних случаях и допустимую в других. Скорость сходимости к решению у этих решателей невысока.

## **Литература**

1. Самарский А.А. Введение в теорию разностных схем. М.: Наука, 1971. 552 с.
2. Панкратов И.А. Изчисляване на линията на тока по време на циркуляция, предизвикана от ветрове // Парадигма. 2016. № 1. Т. 1. С. 115–119.
3. Панкратов И.А. Численная аппроксимация линий тока методом Галёркина // Juvenis scientia. 2016. № 2. С. 4–6.

4. *Ильсцова Т.А., Панкратов И.А.* Математическое моделирование циркуляции воды в озере // Математика. Механика. 2015. № 17. С. 101–104.
5. *Панкратов И.А., Рымчук Д.С.* Расчёт течений мелкой воды // Математика. Механика. 2014. № 16. С. 120–124.
6. *Маркелова О.И., Панкратов И.А.* Расчет циркуляции воды в озере // Математика. Механика. 2014. № 16. С. 114–117.
7. *Зенкевич О., Морган К.* Конечные элементы и аппроксимация. М.: Мир, 1986. 318 с.
8. *Коннор Дж., Бреббия К.* Метод конечных элементов в механике жидкости. Л.: Судостроение, 1979. 264 с.
9. Официальный сайт OpenFOAM. URL: <http://openfoam.org> (дата обращения: 10.10.2018).
10. *Clift R., Grace J.R., Weber M.E.* Bubbles, Drops and Particles. New York: Academic Press, 1978. 380 p.
11. *Tabata M., Itakura K.A.* Precise computation of drag coefficients of a sphere // Int. J. Comput. Fluid Dynam. 1998. № 9. P. 303–311.
12. *Shirayama S.* Flow past a sphere: Topological transitions of the vorticity field // AIAA Journal. 1992. Vol. 30. № 2. P. 349–358.
13. *Малюга В.С.* Численное моделирование обтекания сферы потоком вязкой несжимаемой жидкости // Прикладна гідромеханіка. 2013. № 3. С. 43–67.
14. Официальный сайт ParaView. URL: <http://www.paraview.org> (дата обращения: 15.10.2018).

УДК 004.056

***А.Н. Синадский, Н.И. Синадский, И.А. Семенищев***

*Уральский федеральный университет имени первого  
Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия*

## **СТАТИСТИКО-СОБЫТИЙНАЯ МОДЕЛЬ СИНТЕЗА БИЛЛИНГОВОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Для тестирования корректности реализации алгоритмов информационно-аналитических систем безопасности (ИАСБ), в том числе по анализу взаимодействия пользователей в сетях

связи требуются массивы биллинговой информации. При этом использование настоящих массивов информации о взаимодействии абонентов сетей сотовой связи невозможно, в том числе в силу ограничений, накладываемых ФЗ «О связи». Кроме того, для анализа алгоритмов ИАСБ необходим эталонный трафик, статистические распределения, характер связей элементов и конкретные связи между заданными элементами которого должны быть точно известны. Массив биллинговой информации – это отсортированный по временной метке набор строк, описывающих соединения в сетях операторов сотовой связи.

Создан программный комплекс, позволяющий синтезировать массивы биллинговой информации и массивы данных, имитирующих взаимодействие пользователей в социальных сетях. В основе комплекса – разработанная пространственно-временная статистико-событийная модель взаимодействия пользователей в сетях операторов связи [1].

Модель  $M$  синтеза биллинговой информации основывается на поведении абонентов с точки зрения сети операторов связи, является совокупностью модели перемещений абонентов в течение заданного промежутка времени  $MSH$  и модели соединений  $MS$ . Модель перемещений  $MSH$  предназначена для генерации полей, описывающих географические координаты совершения события, имитирует перемещения абонентов в заданном временном интервале в рамках населенного пункта, который представляется квадратом, для каждой клетки которого задаются списками параметры LAC и CellID базовых станций.

В состав модели вводятся множества абонентов оператора сотовой связи  $H$  и «семей»  $W$ . Абонентские терминалы представлены в модели множествами номеров IMSI, IMEI и MSISDN. Совокупность абонентов и соответствующих им терминалов формирует абонентскую базу.

Передвижение абонентов в рамках населенного пункта описывается шаблонами перемещений  $SH$ . Населенный пункт описывается массивом ячеек его карты: двумерным вектором  $map$ ,  $n_{map}$  – его длина (количество ячеек карты), в каждом из элементов которого содержатся два параметра базовой станции, обслуживающей участок территории (LAC и CellID).



При генерации массива абонентов  $H$  каждому абоненту  $h_i$  задаётся номер, соответствующий шаблону  $sh_i$  из массива шаблонов  $SH$ .

В модели  $M$  формируется массив строк биллинга  $D$ . Каждая строка соответствует событию в сети. Строки  $D$  формируются из массивов, описывающих события различного типа:  $T$  – перемещений,  $G$  – подключений к GPRS,  $C$  – звонков и  $S$  – СМС-сообщений.

Массив соединений  $Y$  является совокупностью массива звонков и массива СМС-сообщений:  $Y = C + S$ . При формировании массива соединений  $Y$  учитываются статистические характеристики биллинговой информации:

–  $K_0 = \langle F_{time}, F_{dur}, F_n, F_a \rangle$  – не связанные с адресацией соединения, описываемые функциями распределения:  $F_{time}$  – времени суток,  $F_{dur}$  – длительности события,  $F_n$  – количества соединений,  $F_a$  – вероятности генерации типа события;

–  $K_1 = \langle F_t, F_t \rangle$  — связанные с адресацией соединения:  $F_t$  – функция распределения выбора адресата соединения, а  $F_t$  – функция распределения промежутков времени между началами инициализации двух последовательных соединений.

Структура соединений описывается выражением:

$$Y_i = \langle A, h_1, h_2, p_1, p_2, K_0, K_1 \rangle.$$

Модель соединений  $MS$  определяется:

$$MS = \langle N, W, \langle Y_i \rangle_{i=1}^{n^Y} \rangle.$$

Модель перемещений и подключений  $MTG$  формирует массивы  $T$  и  $G$  аналогично модели соединений, за исключением необходимости выбора адресата соединения и совершения обратного соединения.

С учетом перемещений абонентов по заданным шаблонам пространственно-временная статистико-событийная модель синтеза биллинговой информации  $M$  описывается:

$$M = \langle MS + MSH + MTG \rangle.$$

В сравнении с использованием реальных массивов биллинга предложенный вариант решения задачи имеет явные преимущества: возможность использования неограниченным кругом лиц, отсутствие ограничений, связанных с объемами информации, изменяемые и задаваемые частотные распределения, возможность встраивания ситуационных задач в фоновый массив.

## Литература

1. Семенищев И.А., Синадский А.Н., Синадский Н.И., Сушков П.В. Синтез массивов биллинговой информации на основе статистико-событийной модели взаимодействия абонентов сетей сотовой связи // Вестник УрФО. Безопасность в информационной сфере. 2018. № 1 (28). С. 47–56.

УДК 514.745.82

**В.П. Голубятников**

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

### ОБ ОТОБРАЖЕНИИ ПУАНКАРЕ В МОДЕЛЯХ КОЛЬЦЕВЫХ ГЕННЫХ СЕТЕЙ\*

Рассматривается блочно-линейная модель кольцевой геной сети, представленная в виде негладкой динамической системы размерности 6:

$$\begin{aligned} dm_1/dt &= L_1(p_3) - k_1 m_1; & dp_1/dt &= \Gamma_1(m_1) - l_1 p_1; \\ dm_2/dt &= L_2(p_1) - k_2 m_2; & dp_2/dt &= \Gamma_2(m_2) - l_2 p_2; \\ dm_3/dt &= L_3(p_2) - k_3 m_3; & dp_3/dt &= \Gamma_3(m_3) - l_3 p_3. \end{aligned} \quad (1)$$

Коэффициенты  $k_j, l_j$  положительны и постоянны,  $p_j(t)$  – концентрации белков,  $m_j(t)$  – концентрации соответствующих мРНК; неотрицательные убывающие ступенчатые функции  $L_j(p)$  такие, что  $L_j(p) = k_j a_j > k_j$  при  $p < 1$  и  $L_j(p) = 0$  при  $p > 1$ , описывают отрицательные обратные связи в геной сети. Ступенчатые возрастающие функции  $\Gamma_j(m)$  такие, что  $\Gamma_j(m) = l_j b_j > l_j$  при  $m > 1$ ,  $\Gamma_j(m) = 0$  при  $m < 1$ , описывают положительные обратные связи.

Подобная система в безразмерном гладком симметричном 6-мерном случае  $l_j = k_j = 1$ ;  $\Gamma_j(m) = \mu m$ ,  $\mu > 0$ ;  $L_j = \alpha_0 + \alpha(1+p^\gamma)^{-1}$  была предложена в [1] и далее изучалась во многих публикациях. В работах [2; 3] мы рассматривали несимметричную гладкую систему

---

\* Работа поддержана РФФИ, грант 18-01-00057. Автор выражает искреннюю благодарность В.В. Иванову за полезные обсуждения.

вида (1). Следуя [4], результаты работы [3] можно перенести и на многомерные случаи.

Зададим в положительном октанте пространства  $R^6$  область

$$Q = [0, a_1] \times [0, b_1] \times [0, a_2] \times [0, b_2] \times [0, a_3] \times [0, b_3].$$

**Лемма 1.** Если  $a_j > 1$  и  $b_j > 1$  для всех  $j = 1, 2, 3$ , то параллелепипед  $Q$  является инвариантной областью системы (1).

Следуя [3; 4], разобьем  $Q$  гиперплоскостями  $m_j = 1, p_j = 1$ , и обозначим параллелепипеды (блоки) этого разбиения бинарными индексами:

$$\begin{aligned} \mathcal{E} = \{\varepsilon_1 \varepsilon_2 \dots \varepsilon_6\} = \{ & \varepsilon_{2j-1} = 0 \text{ при } m_j < 1, \varepsilon_{2j-1} = 1 \text{ при } m_j > 1; \\ & \varepsilon_{2j} = 0 \text{ при } p_j < 1, \varepsilon_{2j} = 1 \text{ при } p_j > 1 \}. \end{aligned} \quad (2)$$

**Лемма 2.** Для любых двух соседних блоков  $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2$  разбиения (2) через их общую 5-мерную грань все траектории системы (1) переходят только в одном направлении: либо  $\mathcal{E}_1 \rightarrow \mathcal{E}_2$ , либо  $\mathcal{E}_2 \rightarrow \mathcal{E}_1$ .

Назовем валентностью блока  $\mathcal{E}$  количество соседних с ним блоков, в которые могут переходить траектории точек, лежащих в  $\mathcal{E}$ . Так же, как в [3; 4], конструируется диаграмма, показывающая по каким блокам валентности 1 и в каких направлениях может проходить цикл динамической системы (1). Эта диаграмма замыкается в кольцо из 12 блоков. Приведем ее фрагмент:  $\dots \rightarrow \{110011\} \rightarrow \{010011\} \rightarrow \{000011\} \rightarrow \{001011\} \rightarrow \{001111\} \rightarrow \{001101\} \rightarrow \{001100\} \rightarrow \{101100\} \rightarrow \{111100\} \rightarrow \dots$

Обозначим пересечения соседних блоков этой диаграммы так:  $F_0 = \{110011\} \cap \{010011\}$ ;  $F_1 = \{010011\} \cap \{000011\}$ ; ...  $F_{11} = \{110010\} \cap \{110011\}$ . Рассмотрим сдвиги  $\varphi_s: F_s \rightarrow F_{s+1}$  вдоль траекторий динамической системы (1), здесь  $s = 0, 1, \dots, 11$  и  $F_{12} = F_0$ . Ввиду того, что в каждом блоке разбиения (2) система (1) линейна, отображения  $F_s$  в аналитическом виде описываются очень несложным образом. Для других блочно-линейных динамических систем аналогичных (1) такое описание в подробностях приведено в [4].

**Лемма 3.** Все сдвиги  $\varphi_j$  и их композиция  $\Phi = \varphi_{11} \cdot \varphi_{10} \cdot \varphi_9 \cdot \dots \cdot \varphi_1 \cdot \varphi_0$  обладают свойством монотонности относительно естественного частичного порядка на гранях  $F_s$ .

**Теорема.** Если  $a_j > 1$  и  $b_j > 1$  всех  $j = 1, 2, 3$ , то система (1) имеет по крайней мере одно периодическое решение  $\mathbf{C}$ , проходящее через блоки валентности 1 согласно указанной диаграмме.

Доказательство вытекает из сформулированных лемм и из свойства монотонности композиции  $\Phi$ , которой определяется отображение последования Пуанкаре для цикла  $\mathbf{C}$  системы (1).

### Литература

1. *Elowitz M.B., Leibler S.* A synthetic oscillatory network of transcriptional regulators // *Nature*. 2000. V. 403. P. 335–338.
2. *Аюпова Н.Б., Голубятников В.П., Казанцев М.В.* О существовании цикла в одной несимметричной модели молекулярного репрессилатора // *Сибирский журнал вычислительной математики*. 2017. Т. 20, № 2. С. 121–129.
3. *Голубятников В.П., Кириллова Н.Е.* О циклах в моделях функционирования кольцевых генных сетей // *Сибирский журнал чистой и прикладной математики*. 2018. Т. 18, № 1. С. 54–63.
4. *Голубятников В.П., Иванов В.В.* О периодических траекториях нелинейных динамических систем специального вида // *Сибирский журнал индустриальной математики*. 2018. Т. 21, № 4. С. 28–38.

УДК 514.745.82

***Н.Е. Кириллова***

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

## **О ЦИКЛАХ В АСИММЕТРИЧНЫХ МОДЕЛЯХ КОЛЬЦЕВЫХ ГЕННЫХ СЕТЕЙ\***

Непосредственной целью работы является поиск существования циклов в фазовых портретах нелинейных динамических систем, которые описывают функционирование некоторых кольцевых генных сетей.

Мы изучаем фазовые портреты динамических систем, которые моделируют кольцевые генные сети, описываемые схемами следующего типа

---

\* Работа поддержана РФФИ, грант 18-01-00057. Автор искренне благодарит В.П. Голубятникова за постановку интересной задачи.

$$\begin{aligned} & \dots \rightarrow p_{n,s_n} \Leftrightarrow m_1 \rightarrow p_{1,1} \rightarrow \dots \rightarrow \\ & \rightarrow p_{1,s_1} \Leftrightarrow m_2 \rightarrow \dots \rightarrow p_{2,s_2} \Leftrightarrow m_3 \rightarrow \dots \end{aligned} \quad (0)$$

Здесь знак  $\Leftrightarrow$  обозначает отрицательные обратные связи, моделируемые монотонно убывающими функциями, а знак  $\rightarrow$  соответствует положительным обратным связям, которые описываются монотонно возрастающими функциями. Параметры  $m_j$  описывают концентрации мРНК,  $p_{j,s}$  – концентрации белков, соответствующих промежуточным стадиям в кольцевой генной сети.

Схема (0) является общей схемой кольцевых генных сетей. Мы будем рассматривать генные сети, в которых между мРНК с номером  $j$  и мРНК с номером  $j+1$  присутствует  $s_j$  промежуточных стадий синтеза белков с концентрациями  $p_{j,1}, \dots, p_{j,s_j}$ . Ранее, в работах [1; 2], изучались системы, в которых на каждом этапе присутствовала ровно одна промежуточная стадия образования белка, то есть  $s_1 = s_2 = \dots = s_n = 1$ . Но в природных генных сетях таких промежуточных стадий может оказаться много, см. [3]. Рассмотрим в качестве примера модели многостадийной генной сети следующую асимметричную динамическую систему:

$$\begin{aligned} \frac{dx_j}{dt} &= -k_j x_j + f_j(x_{j-1}), \text{ если } j = 1, 5, 8. \\ \frac{dx_j}{dt} &= \mu_j x_{j-1} - k_j x_j, \text{ если } j \neq 1, 5, 8. \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь  $s_1 = 3$ ,  $s_2 = 2$ ,  $s_3 = 1$ ,  $f_1$ ,  $f_5$ ,  $f_8$  – гладкие положительные монотонно убывающие функции, которые описывают отрицательные обратные связи; уравнения 2, 3, 4, 6, 7 и 9, в которые функции  $f_j$  не входят, соответствуют положительным обратным связям;  $\mu_j, k_j$ , – положительные коэффициенты,  $j = 1, \dots, 9$ . Стоит отметить, что если  $j = 1$ , то  $j - 1 = 9$ .

Мы говорим, что валентность блока  $E = \{\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_9\}$  равна  $l$ , если число его соседних блоков  $E_j$  таких, что  $E \Rightarrow E_j$  равно  $l$ .

Пусть  $A_j := \frac{f_j(0)}{k_j}$ , если  $j = 1, 5, 8$ ;  $A_j := \frac{\mu_j}{k_j} A_{j-1}$ , если  $j \neq 1, 5, 8$ ; и  $Q^9 := \prod_{j=1}^{j=9} [0, A_j] \subset R_+^9$ .

Проведём через точку  $S_0 \in Q^9$  гиперплоскости, параллельные координатным; область  $Q^9$  разобьётся на  $2^9$  блоков. Точка  $S_0$  называется гиперболической, если матрица линеаризации системы (1) в этой точке имеет собственные числа с положительными и отрицательными вещественными частями и не имеет мнимых собственных чисел.

**Лемма 1.**  $Q^9$  – инвариантная область системы (1).

**Лемма 2.** Система (1) имеет одну и только одну стационарную точку  $S_0 \in Q^9$ .

Следующая диаграмма выделяет восемнадцать одновалентных блоков из всех существующих и позволяет локализовать положение цикла в области  $Q^9$ .

$$\begin{aligned} & \dots \rightarrow \{000011101\} \rightarrow \{000011100\} \rightarrow \{100011100\} \rightarrow \\ & \rightarrow \{110011100\} \rightarrow \{111001100\} \rightarrow \{111111100\} \rightarrow \{111101100\} \rightarrow \\ & \rightarrow \{111100100\} \rightarrow \{111100000\} \rightarrow \{111100010\} \rightarrow \{111100011\} \rightarrow \\ & \rightarrow \{011100011\} \rightarrow \{001100011\} \rightarrow \{000100011\} \rightarrow \{000010011\} \rightarrow \\ & \rightarrow \{000011011\} \rightarrow \{000011111\} \rightarrow \{000011101\} \rightarrow \dots \quad (2) \end{aligned}$$

Обозначим через  $W$  объединение блоков, перечисленных в диаграмме (2).

**Теорема.** Если  $S_0$  – гиперболическая точка системы (1), то инвариантная область  $W$  содержит по крайней мере один цикл системы (1) и этот цикл переходит из блока в блок согласно диаграмме (2).

### Литература

1. *Elowitz M.B., Leibler S.* A synthetic oscillatory network of transcriptional regulators // Nature. 2000. V. 403. P. 335–338.
2. *Голубятников В.П. Кириллова Н.Е.* О циклах в моделях функционирования кольцевых генных сетей // Сибирский журнал чистой и прикладной математики. 2018. Т. 18, № 1. С. 54–63.
3. *Демиденко Г.В.* Системы дифференциальных уравнений высокой размерности и уравнения с запаздывающим аргументом. // Сибирский математический журнал. 2012. Т. 53, № 6. С. 1274–1282.

**В.А. Филимонов**

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

## **ПРОБЛЕМЫ СБОРКИ СУБЪЕКТОВ В КВАНТОВОЙ КИБЕРНЕТИКЕ**

**От Зенона Элейского до Эверетта, минуя Декарта.** Понимание устройства мира является критически важной задачей. В этой связи трудно переоценить значение исследований в области квантовой кибернетики и хроногеометрии, в частности, содержащихся в [1; 2]. Однако представляется необходимым обозначить проблемы, связанные с интерпретацией предлагаемых моделей. В качестве иллюстрации проблемы приведём фрагмент известной инструкции для командирских часов со смертным боем: «Позолоченный корпус часов оцинкован вольфрамом». Допустима оцинковка позолоченного корпуса, однако оцинковка вольфрамом невозможна в принципе: логика языка этого не позволяют. Структура такого типа отличается от оксюморонов и симулякров, для которых содержательные интерпретации могут быть построены. Применительно к квантовой кибернетике упомянем, например, что квант в ней может находиться в нескольких состояниях одновременно. Поскольку при этом понятия «время», «одновременно» и «наблюдатель» строго не определяются, вся ответственность за судьбу кванта, в том числе во многих вселенных, целиком возлагается на читателя.

Анализ обсуждений в Интернете различных феноменов, связанных с квантовой кибернетикой, приводит к выводу, что логика этих обсуждений не очень продвинулась со времён апории «Стрела» («В каждый момент времени стрела покоится, поэтому движения не существует»). Отсутствует ответ на принципиальный вопрос, над которым, в частности, размышлял Р. Декарт: что может быть отправной точкой размышлений? Для Декарта таким

ответом было сомнение, в существовании которого само сомнение было логически невозможным. Группа Московского методологического кружка (А.А. Зиновьев, В.А. Лефевр, Г.П. Щедровицкий) развила основу метода Декарта, указав, что исследованию любого сложного объекта должна предшествовать методологическая схема, содержащая самого Исследователя, и его Логику (конструктор), на основе которой строится онтология исследуемого объекта.

**Прототип «клеточки» квантовой кибернетики.** Можно предложить следующую минимальную структуру – «клеточку» [3], потенциально позволяющую построить корректную методологическую схему исследований в квантовой кибернетике и хроногеометрии. Базисной является структура «Исследователь» (**И**) (в частности, это автор публикаций по квантовой кибернетике) – «Логика» Исследователя (**ЛИ**) – «Онтология» (**ОИ**) (исследуемого объекта). Логика **ЛИ** должна содержать, как минимум, средства для конструирования пространства-времени, событий и Наблюдателя (он же Субъект), у которого есть своя Логика (**ЛН**) и Онтология миров (**ОН**). Для конструирования пространства-времени представляется достаточным двух (однородных) измерений пространства и одного измерения времени (аналог Флатландии) [4]. Представляет интерес именно субъектное представление мира, а не описание физических процессов, которые при этом происходят. В качестве аналогии упомянем исследования Ю.К. Орлова [5], который получил много интересных математических результатов, взвешивая различные фрагменты картин, однако эти результаты не могли быть использованы для анализа впечатления, создаваемого данной картиной у Субъекта.

Минимальная структура для описания Субъекта (который может быть сгустком плазмы размером с Галактику [6] или роботом) требует описания его воздействия на наблюдаемое событие (например, вскрытие коробки с котом Шрёдингера) или объект. В первом приближении можно пренебречь сенсорными феноменами (хотя, например, зрение явно ориентировано на пространство, а слух – на время [7]), и ограничиться представлением интеллигибельных структур, таких, например, как математические теоремы и музыкальные интервалы. Можно также пока не рас-



сма­три­вать идеаль­ные сущ­но­сти [8]. Одна­ко прин­ци­пи­аль­но на­ли­чие в Он­то­ло­гиях двой­но­го зна­ния (со-мне­ние, со-зна­ние = со-gito, со-бы­тие, со-сто­я­ние), без ко­то­рых кор­рек­тная ин­тер­пре­та­ция Ми­ра со­бы­тий Мин­ков­ско­го, вклю­чаю­щая Субъ­ек­тов, не­воз­мож­на.

Ав­тор на­де­ет­ся, что ско­ро в кван­то­вой ки­бер­не­ти­ке бу­дет по­лу­че­но ме­то­до­ло­гиче­ски кор­рек­тное объяс­не­ние, ка­ким обра­зом у од­но­го или не­сколь­ких Субъ­ек­тов в од­ной или не­сколь­ких вселен­ных мо­жет про­изой­ти сбор­ка акта мыш­ле­ния, на­при­мер, тезиса «Cogito ergo sum».

### **Литература**

1. *Гуц А.К.* Основы квантовой кибернетики. Омск: КАН, 2008. 204 с.
2. *Гуц А.К.* Хроногеометрия. Омск: УниПак, 2008. 334 с.
3. *Зиновьев А.А.* Логический интеллект. М.: Изд-во МГУ, 2008. 284 с.
4. *Эббот Э.Э.* Флатландия. М.: Мир, 1976. 121 с.
5. *Орлов Ю.К.* Невидимая гармония // Число и мысль. М.: Знание, 1980. 73 с.
4. *Левфевр В.А.* Космический субъект // Рефлексия. М.: Когито-центр, 2003. С. 139–302.
5. *Филимонов В.А.* Сенсорная подстановка: формализация, интерпретация, субъект // Знания – Онтологии – Теории (ЗОНТ-2017): матер. Всерос. конф. с междунар. участием. Новосибирск: Изд-во ИМ СО РАН, 2017. С. 134–137.
6. *Левфевр В.А.* Что, если Платон был прав? // Рефлексивные процессы и управление. 2010. Т. 10. С. 23–32.

**В.А. Шовин**

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

## **АДАПТИВНЫЙ ФИЛЬТР ИЗОБРАЖЕНИЙ НА БАЗЕ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

Для осуществления преобразования изображений возможно применения нейронных сетей. Главным преимуществом нейронных сетей является их автоматическая способность к обучению. В данном случае предлагается для обучения адаптивного фильтра на базе нейронной сети использовать пару изображений, в которой исходное изображение является образцом, а второе является измененным от образца каким-либо существующим фильтром или преобразованием. Адаптивному фильтру необходимо восстановить это преобразование. Для этого используется окно размером  $dx$  на  $dy$  и 3 цветовых канала. В результате в нейронной сети используется  $dx \cdot dy \cdot 3$  входных сигналов для входных нейронов. Сеть может дополняться скрытыми слоями из количества нейронов сопоставленных цветовым факторам преобразования фильтра. На выходе нейрона предлагается использовать 3 нейрона, выходные сигналы которых ставятся в соответствие трем цветам ( $rgb$  – красный, зеленый, синий) в центральном пикселе окна из выходного изображения. Сигнал цветового канала пикселя приводится линейным преобразованием в диапазон значений  $[-0,5; 0,5]$ . Тогда как в качестве передаточной функции нейронов сети используется антисимметричная сигмоидная функция с интервалом значений  $[-1; 1]$ . Для граничных пикселей изображений, когда окно выходит за рамки изображений, на входные значения нейронов сети, соответствующие таким пикселям ставятся 0. Нейронная сеть обучается на окнах для всех пикселей выходного изображения по методу обратного распространения ошибки.

В работе была реализована программа адаптивного фильтра и нейронной сети на языке Java с графическим интерфейсом пользователя.

В результате экспериментов такой фильтр показал достаточно удовлетворительный результат и способность к обучению различных цветовых не структурных преобразований.

### **Литература**

1. 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 519.237.4+616.24-008.444

***В.В. Гольяпин<sup>1</sup>, Н.А. Диденко<sup>1</sup>, А.В. Глозов<sup>2</sup>, Т.Н. Федорова<sup>3</sup>***

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

*<sup>2</sup>Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия*

*<sup>3</sup>Сибирский государственный университет физической культуры  
и спорта, г. Омск, Россия*

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СИНДРОМА ОБСТРУКТИВНОГО АПНОЭ СНА С ПОМОЩЬЮ ФАКТОРНЫХ МОДЕЛЕЙ И ДИСПЕРСИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ**

Целью работы является выявление с помощью факторного анализа и дисперсионных комплексов факторов, оказывающих влияние на наличие у пациентов синдрома обструктивного апноэ сна (СОАС).

Исследование проводилось на базе сомнологического отделения многопрофильного центра современной медицины «Евромед» (г. Омск) в рамках совместного научного сотрудничества. В нем приняли участие 254 пациента, у которых определялись 6 параметров для дисперсионного анализа: индекс массы тела (ИМТ), хронический тонзиллит (ХТ), хронический вазомоторный ринит (ХВР), ретромикрөгнатия (РМГ), искривление носовой перего-

родки (ИНП) и пол, для факторного анализа дополнительно использовались следующие параметры: сатурация, индекс десатураций, возраст.

Первый вычислительный эксперимент проводился с помощью факторного анализа четырех групп с разной степенью тяжести апноэ, а именно: контрольная группа, пациенты с легкой, средней и тяжелой степенями тяжести апноэ. Факторный анализ позволил получить информацию о том, есть ли в массиве данных латентные факторы, которые оказывают влияние на наличие заболевания. Процесс выбора числа факторов, достаточных для описания системы, состоял в визуальном анализе графиков собственных значений корреляционных матриц методом «каменистой осыпи». Также анализ графиков собственных значений корреляционной матрицы показал, что для контрольной группы нет ярко выраженных факторов, которые могут оказывать влияние на наличие СОАС, а при переходе от легкой степени протекания заболевания к тяжелой, влияние факторов нарастает.

По значениям факторных нагрузок после варимакс-вращения определили вклад параметров в каждый фактор. При легкой степени СОАС основное влияние на наличие заболевания оказывают гендерное различие, а также факторы, связанные с воспалительными процессами в верхних дыхательных путях. При средней степени тяжести СОАС в основной фактор выделяются нарушения сатурации крови, дополнительным фактором является гендерное различие и возраст. При тяжелой степени СОАС сатурация снижена, наибольшее воздействие оказывает наличие РМГ и ИНП, в меньшей степени влияет хронический тонзиллит.

Второй вычислительный эксперимент состоял из построения и анализа дисперсионных комплексов. Новизна вычислительного эксперимента состояла в представлении исходных значений организованных факторов или их сочетаний в виде однозначных логических решающих функций (ЛРФ), т. е. построение сведения многофакторного дисперсионного комплекса к построению наборов однофакторных комплексов. Построение ЛРФ для конкретного сочетания организованных факторов осуществляется переходом исходного набора значений в  $g_{\max}$ -ную систему счисления, где  $g_{\max}$  — максимальное значение из градаций организованных факторов.

Были проанализированы 64 различные комбинации с помощью однофакторного дисперсионного анализа. Мерой, по которой происходил анализ комплексов, является квадрат корреляционного отношения, вычисляемый по следующей формуле:

$$\eta_{\xi\phi}^2 = \frac{1}{\sigma_{\xi}^2} \sum_{i=0}^{n_{\phi}} \sum_{j=0}^{n_{\xi}} (M(\xi | x_i) - M(\xi))^2 p(x_i, y_j),$$

где  $\xi$  – результативный признак, а  $y_j$  – его  $j$ -е значение,  $\phi$  – организованный фактор, а  $x_i$  – его  $i$ -е значение,  $\sigma_{\xi}^2$  – дисперсия результативного признака  $\xi$ ,  $M(\xi | x_i)$  – математическое ожидание результативного признака при условии  $x_i$ ,  $M(\xi)$  – математическое ожидание результативного признака  $\xi$ ,  $p(x_i, y_j)$  – вероятность появления значений величин  $x_i, y_j$  одновременно.

Наибольшее влияние оказывает совокупность всех факторов. Комбинации факторов, содержащих параметр вес, почти всегда имеют большее значение силы влияния, нежели комбинации, которые не содержат данный параметр, причем квадраты корреляционного отношения во всех приведенных случаях различаются почти в 2 раза. Также стоит отметить, что параметры Пол и ИНП присутствуют во всех максимальных значениях квадрата корреляционного отношения, следовательно, также оказывают максимальное влияние на наличие СОАС.

***Е.В. Надей<sup>1</sup>, Г.И. Нечаева<sup>1</sup>, В.И. Совалкин<sup>1</sup>, В.В. Гольяпин<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup>Омский государственный медицинский университет, г. Омск, Россия*

*<sup>2</sup>Омский филиал Института математики им. С.Л. Соболева СО РАН,  
г. Омск, Россия*

## **АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ АЛЛЕРГИЧЕСКИХ ТРИГГЕРОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ СИМПТОМОВ АЛЛЕРГИЧЕСКОЙ БРОНХИАЛЬНОЙ АСТМЫ И КОМОРБИДНОЙ С НЕЙ ПАТОЛОГИИ С ПОМОЩЬЮ ДИСПЕРСИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ**

Цель: посредством дисперсионного анализа оценить влияния аллергических триггеров на интенсивность симптомов аллергической бронхиальной астмы и коморбидной с ней патологии.

Актуальность работы: Проблема аллергических заболеваний (АЗ) приобретает глобальные масштабы и актуальна во всех странах мира. Согласно данным ВОЗ, аллергические заболевания имеют от 20 до 40 % жителей планеты и, по прогнозам, к 2050 году займут первое место в общей структуре заболеваемости. Бронхиальная астма (БА), аллергический ринит (АР), атопический дерматит (АтД) входят в группу атопических заболеваний. Эпидемиологические исследования последних лет показывают, что у большинства пациентов астма и ринит сопутствуют друг другу. У больных БА отмечается высокая частота развития АтД, что подтверждается наличием прямой корреляционной связи между частотой симптомов БА и АтД по данным ISAAC. Как БА, так и АР, АтД, объединяют единые иммунопатогенетические механизмы формирования аллергического воспаления.

Предупреждение развития аллергических болезней их ранняя диагностика, подбор адекватной терапии для минимизации симптомов, предотвращения прогрессирования болезни и появления множественных форм аллергии является ведущей при ведении пациентов с аллергией.

Для бронхиальной астмы, АР, АтД триггерами, запускающими развитие персистирующего аллергического воспаления, являются неинфекционные бытовые, пыльцевые и эпидермальные аэроаллергены.

Основными бытовыми аллергенами являются домашняя пыль, которая достаточно разнородна по своей структуре и аллергены клещей домашней пыли (с выраженной протеазной активностью, играющей вспомогательную роль в формировании сенсibilизации. Роль пыльцевых аллергенов не менее актуальна и значима в зависимости от региона.

Наличие поливалентной сенсibilизации к ингаляционным неинфекционным аллергенам нескольких групп (пыльцевым, бытовым, эпидермальным) характерно и для пациентов с БА, АР и АтД.

Наиболее эффективным и, на сегодняшний день, единственным патогенетически обусловленным методом, позволяющим добиться контроля над течением аллергических заболеваний, является аллергенспецифическая иммунотерапия (АСИТ), которая заключается в ведении в организм пациента постепенно нарастающих доз виновного аллергена с последующей поддерживающей терапией на протяжении как минимум трех лет. Выбор причинно-значимых аллергенов для проведения АСИТ имеет большое значение, в частности клиническое.

Материалы и методы: проведено проспективное рандомизированное контролируемое исследование с элементами вложенного исследования типа «слепых конвертов 2:1» с включением 132 пациентов с атопической БА, коморбидной с АР и АтД. Проводилась оценка влияния длительной АСИТ в комплексе с БПВТ на основные клинические показатели течения атопической БА средней тяжести, АР и АтД при наличии поливалентной сенсibilизации. На клиническую эффективность АСИТ, а именно уменьшение выраженности симптомов заболевания, играет подбор аллергенов для проведения терапии при наличии полисенсibilизации. Данный факт подтверждает многофакторный дисперсионный анализ влияния сочетания нескольких триггерных факторов на симптомы бронхиальной астмы, аллергического ринита и атопического дерматита.

Все 132 пациента по результатам кожного тестирования с ВСЭ неинфекционных аллергенов имели в качестве основной

причины поливалентную сенсibilизацию к бытовым и пыльцевым аллергенам, которая явилась подтверждением атопической природы БА, АР, АД, с регистрацией кожно-аллергических реакций по немедленному (ГНТ) типу разной интенсивности от «+» до «++++».

Результаты исследования: бытовая сенсibilизация характеризовалась преимущественно чувствительностью к аллергенам домашней пыли (66,4 %) и клеща домашней пыли (36,1 %), пыльцевая сенсibilизация была представлена чувствительностью к аллергенам пыльцы деревьев (преимущественно к пыльце березы – 55,5 %), злаковых (более выраженная к аллергенам пыльцы ковра (39,5 %), ежи (42,9 %), овсянницы (43,7 %), тимофеевки (36,9 %)) и сорных трав (преимущественно к аллергенам пыльцы полыни (71,4 %), лебеды (46,2 %)).

Степень интенсивности кожных проб, как факт гиперчувствительности, свидетельствовал о различной выраженности аллергического процесса, что было крайне важно для дифференцированного выбора терапии у наблюдаемых пациентов.

Заключение: сочетание нескольких аллергенов увеличивает интенсивность симптомов БА, АР, АтД, при этом по степени влияния каждого аллергена и их взаимовлияния возможно рассчитать вероятность интенсивности симптомов заболевания, что играет прогностическое значение на этапе подбора терапии и, в дальнейшем, клинической эффективности проводимой терапии.

Результаты исследования имеют практическое значение, подчеркивая роль врача первичного звена здравоохранения в оценке объективных аллергологических показателей (результатов кожных тестов с аллергенами), которые характеризуют выраженность воспалительного процесса как основного заболевания, так и коморбидной патологии, являясь причинно-значимыми факторами как степени выраженности симптомов астмы и коморбидной с ней патологией, так и причиной отсутствия контроля при проведении БПВТ. Полученные данные обращают внимание, что при наличии у пациента атопической БА, коморбидной с АР и АтД, и поливалентной сенсibilизации как к бытовым, так и пыльцевым аллергенам, необходимо индивидуально подходить к подбору терапии с включением АСИТ причинно- значимыми аллергенами.



*И.Г. Ольгина*

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

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО ВЫБОРА ИЗ МНОЖЕСТВА ПОТЕНЦИАЛЬНЫХ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ КОМПЛЕКТОВАНИЯ БИБЛИОТЕЧНОГО ФОНДА**

Одним из основных направлений работы любой библиотеки является процесс комплектования. В условиях сильнейшей информационной конкуренции встает вопрос об эффективном и правильном комплектовании, где принятие решения о приобретении того или иного экземпляра в фонд должно быть основано не на интуиции комплектатора, а на математических расчетах, анализе и прогнозировании, сопровождаемых опытом комплектатора [1].

Задача комплектования библиотечного фонда сводится к принятию решения о пополнении фонда теми или иными документами, к нахождению наилучших из возможных вариантов. Принятием решений занимается библиотечный специалист (комплектатор библиотеки) или группа специалистов. В теории принятия решений таких людей называют лицом, принимающим решения (ЛПР).

Для решения задачи комплектования можно построить математическую модель выбора, задав качественные критерии отбора документа в количественной форме. Понятие оптимального варианта комплектования будет формализоваться заданием некоторых числовых показателей эффективности или критериев качества решения. Задачу комплектования можно определить как задачу оптимального выбора.

В качестве показателей документа для принятия решения о его приобретении в фонд библиотеки определены следующие:

- целевое назначение документа (научное, литературно-художественное, справочное и т. д.);
- целевая аудитория (для детей, учащихся вузов и т. д.);
- отрасль знания;

- вид носителя информации (электронный, печатный, магнитный и т. д.);
- знаковая природа информации (текстовая, нотная, картографическая, брайлевский текст и т. д.);
- материальная конструкция (книжное, журнальное, листовое издание и т. д.);
- дата публикации;
- язык, на котором опубликован документ;
- общепризнанная известность автора;
- авторитетность издания;
- авторитет издающего органа (для отбора периодических изданий);
- состав редколлегии (объединяет ли она признанных ученых, писателей, критиков и т. д.);
- полиграфическое качество издания, обеспечивающее его долговременную физическую сохранность.

Предлагается к рассмотрению следующая математическая модель оптимального выбора из множества потенциальных документов для комплектования ядра фонда:

$$F(x) = \frac{1}{\Delta \cdot n} \sum_{i=1}^n \delta_i, \quad (1)$$

$$F(x) \geq T, \quad (2)$$

где  $F(x)$  – нормированная комплексная оценка документа  $x$ ;  $\delta_i$  – значение показателя  $i$ ;  $n$  – количество используемых показателей;  $\Delta$  – максимальное значение показателя (одинаковое для всех  $i$ );  $T$  – наименьшее допустимое значение комплексной оценки  $F$  (порог).

Какое именно значение будет присвоено порогу  $T$ , зависит от политики комплектования библиотеки. Список документов, комплексная оценка (1) которых отвечает условию (2), упорядочивается по убыванию оценки (приоритета). В зависимости от имеющихся ресурсов для комплектования отбираются все документы полученного списка или только наиболее приоритетные из них.

В целях развития модели (1), (2) изучается возможность использования для отбора документов ряда дополнительных показателей, рассчитываемых путем анализа сетей цитирования научных публикаций.

Следует отметить, что получаемые с помощью предложенного подхода оптимальные варианты рассматриваются как рекомендации для ЛПР.

### **Литература**

1. *Келейников В.В.* Автоматизированная система поддержки принятия решения при комплектовании библиотек // Вестник Тамбовского университета. 2001. № 3. С. 99.
2. Некоторые аспекты формирования библиотечного фонда: методическая консультация / сост. В.Н. Саваровская, Ю.Ю. Акимова. Омск, 2016. 27 с.
3. *Петровский А.Б.* Теория принятия решений. М.: Академия, 2009. 400 с.

УДК 004.622:801.81

*Д.Н. Лавров, М.А. Харламова, Е.А. Костюшина*

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

## **МОДЕЛЬ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЭКСТРАЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ И ТЕМАТИЧЕСКОЙ РАЗМЕТКИ В КОРПУСЕ НАРОДНОЙ РЕЧИ\***

Корпус народной речи Среднего Прииртышья формируется за счёт сбора и последующей расшифровки записанных в экспедициях диалектных текстов. Для хранения полученных данных разрабатывается специализированная информационная система – корпус народной речи.

Ранее в рамках проекта электронного словаря была разработана система для репрезентации фонетических особенностей говоров Среднего Прииртышья [1; 2, с. 119–120]. В рамках нового проекта – регионального корпуса народной речи – перед коллективом стоят следующие задачи:

---

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-012-00519.

(1) описать манифестацию в корпусе экстралингвистической информации;

(2) описать структурную и тематическую разметки текстов.

Модель экстралингвистической информации после проведенного анализа распадается на две сущности: *Паспорт информанта* и *Паспорт текста*. Анализ позволил выделить атрибуты каждой сущности.

***Паспорт информанта:***

1) *Фамилия:* Беккер.

2) *Имя:* Анна.

3) *Отчество:* Павловна.

2) *Пол:* женский.

3) *Год рождения:* 1935 г.р.

4) *Место рождения:* д. Юрьевка, Тарский район, Омская область.

5) *Место рождения родителей:* родители родились в с. Большой Селим Тарского района Омской области.

6) *Кем себя считает* («чалдоном», «расейским», украинцем, белорусом, чехом, поляком, эстонцем): считает себя эстонкой.

7) *Образование:* 4 класса.

8) *Род занятий:* пенсионерка, работала дояркой, свиначкой, телятницей.

9) *Говор:* русско-эстонский.

***Паспорт текста:***

10) *Место записи:* г. Тара.

11) *Год записи:* 2007 г.

12) *Источник:* Тетрадь № 43а, Кассета № 3.

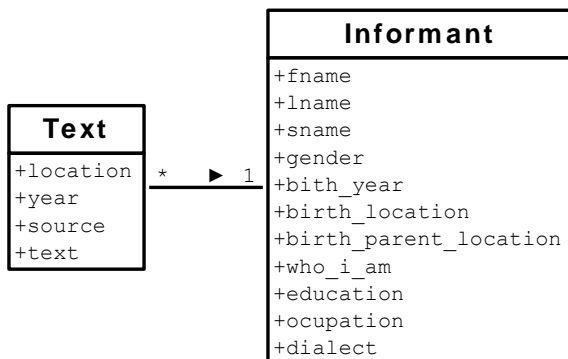
13) *Размеченный текст.*

Связь между сущностями «Паспорт информанта» и «Паспорт текст» – один ко многим. Полученная модель представлена на рисунке.

Структурная разметка выполняется на основе формата XML. Для структурной разметки достаточно две пары тэгов: `<вопрос>...</вопрос>` и `<ответ>...</ответ>`.

Тематическая разметка выполняется тэгами, название которых совпадают с названиями тем. Темы представляют собой иерархическую структуру структуру, вложения тем в друг друга

описывается знаком «:». Так если в тексте актуализируется тема *родина* и её подтема *деревня*, то соответствующий тэг будет **<родина : деревня>**.



Модель экстралингвистической информации

Пример размеченного текста с фонетической, структурной и фонетической разметками:

**<вопрос>**А жили вы где? В какой деревне?**</вопрос>**

**<ответ>**Юрьифка//**</ответ>**

**<вопрос>**

Сестра сказала, что вы последней оттуда съехали?

**</вопрос>**

**<ответ>**

Да//

Да/ Пач'ти последняя/

**<жизнь>**

Жалею вот ужэ пятый гот живу кажэца-и

жыз'нь и-живёш

**</жизнь>**

/ ни-магу привыкнуть п-гораду//

**<родина : деревня>**

Панимайти ни-магу я привыкнуть/

а-там-эт жыла/ дировня свая//

Природа и-кажэца вот выросла там/

там радилась /там-и моладась мая

прахадила/ там дитей наражала/

ну-вот фсё идиал'на // А-время-та  
нашэ како идиал'на-та была //

</родина : деревня>

</ответ>

В настоящее время приведенный анализ предметной области и построенные информационные модели используются в разработке прототипа веб-приложения на основе фреймворка Django, само хранилище решено организовать средствами СУБД MySQL.

### Литература

1. Лавров Д.Н., Харламова М.А. Словарь констант народной речи: выбор платформы представления // Вестник Омского университета. 2015. № 1 (75). С. 213–216.
2. Харламова М.А. Константы народной речемысли и их лексикографическая интерпретация. Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2014. 290 с.

УДК 004.942+66.02

*М.И. Бабидорич, О.А. Реутова, А.М. Демин*

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

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ПРОЦЕССЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ПИНЧ-АНАЛИЗА

Для объектов нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности важное значение приобретает проблема энергосбережения, которую возможно решить следующими путями: модернизация оборудования, оптимизация технологического процесса и снижение энергетических потерь. Проводить эффективную оптимизацию процессов возможно с использованием современных энергосберегающих методов проектирования, к которым относится пинч-анализ.

Пинч-анализ – это методология минимизации потребления энергии химическими процессами путем расчета термодинамически возможных энергетических целей (минимальное потребление

энергии) и их достижения путем оптимизации систем рекуперации тепла, методов энергоснабжения и условий эксплуатации. Эта технология полезна при интеграции сетей теплообменников на нефтехимических предприятиях, поскольку она снижает капитальные затраты и удельные энергетические потребности [1].

Цель проекта: разработка нового программного продукта для выполнения пинч-анализа ХТС.

В качестве интегрированной среды разработки была выбрана программа Microsoft Visual Studio. Разработка ведется с использованием современной технологии Windows Presentation Foundation (WPF), которая позволяет создать графический интерфейс пользователя в операционной системе Windows. Для создания бизнес-логики программы выбран язык программирования C#, а также язык XAML для декларативного описания интерфейса.

Моделирование оптимальной системы теплообмена ХТС в разработанной программе состоит из нескольких шагов. Во-первых, из принципиальной технологической схемы установки необходимо выбрать все материальные потоки, которые изменяют свою температуру в ходе процесса. Например, поток сырья, подогреваемого в теплообменном аппарате за счет тепла потока продуктов реакции; или поток газа, выходящего с верха ректификационной колонны и охлаждаемого водой. О каждом потоке необходимо знать следующую информацию: начальная и конечная температура, а так же либо потоковую теплоемкость, либо количество энергии, необходимую для нагрева или охлаждения потока (энтальпия). Собранный информацию необходимо ввести в таблицу потоковых данных.

Далее программа выполняет расчет по алгоритму табличной задачи, описанному в книге [2]. Согласно данному методу, весь диапазон рабочих температур разбивается на интервалы, рассчитывается энтальпия каждого интервала и строятся температурные каскады. Температурные каскады строятся с целью определения минимальных количеств холодных ( $Q_{c,min}$ ) и горячих ( $Q_{h,min}$ ) утилит. Эти же показатели хорошо видны на температурно-энтальпийной диаграмме (рис. 1).

Следующим шагом является проектирование теплообменной сети на сеточной диаграмме. Такая диаграмма состоит из го-

ризонгальных линий – технологических потоков и теплообменной аппаратуры, связывающей горячие и холодные потоки друг с другом (рис. 2).

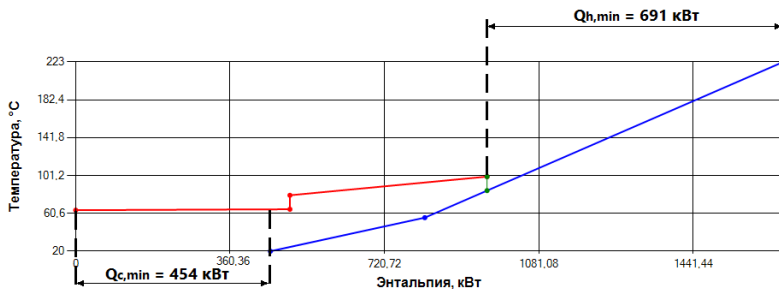


Рис. 1. Температурно-энтальпийная диаграмма

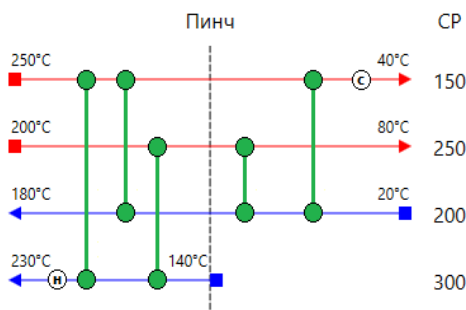


Рис. 2. Сеточная диаграмма

## Литература

1. Singh K., Crosbie R. Use of pinch analysis in sizing and integrating a heat exchanger into an existing exchanger network at a gas processing plant // The Journal of the Association of Professional Engineers of Trinidad and Tobago. 2011. № 2. С. 43–48.
2. Смит Р., Клемеш Й., Товажнянский Л.Л., Капустенко П.А., Ульев Л.М. Основы интеграции тепловых процессов. Харьков: НТУ «ХПИ», 2000. 458 с. (Библиотека журнала ИТЭ).



**Секция  
«Социокибернетика»**

---

УДК 378+004

***П.В. Плащинский, О.Н. Сташевич***

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь*

**ЯЗЫК ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
КАК СРЕДСТВО КОММУНИКАТИВНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ  
В КОМПЬЮТЕРНО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИНАХ**

Кафедра общей математики и информатики механико-математического факультета Белорусского государственного университета обучает студентов непрофильных факультетов высшей математике, информатике и информационным технологиям.

При первом же знакомстве с предметом «Высшая математика» у студентов-«гуманитариев», к которым, как ни странно, относят себя и биологи, и географы, а не только социологи, психологи и философы, возникает вопрос: «А зачем нам это нужно?» Поэтому гипотетически диалог гуманитарных и математизированных естественнонаучных культур должен учитывать свою уязвимость, например, в том случае, когда его участники настаивают на своих принципиальных идеях [1]. Задачей лектора и практиков является скорейший перевод этого вопроса в другую форму: «Какая математика нам нужна? Насколько нам нужно вникать во все тонкости и особенности математической науки? Как использовать полученные знания в своей будущей профессии?»

С дисциплинами «Основы информатики» и «Информационные технологии» ситуация обстоит совершенно по-другому. Многие студенты утверждают: «Мы всё знаем, всё умеем. Нас

всему уже научили в школе! А чему не научили – мы научились сами!»

В большинстве случаев это, конечно же, неправда. Например, многие особенности и удобные инструменты текстового редактора Word и табличного процессора Excel не используются студентами в полной мере, а о некоторых они даже не подозревают. Основная масса студентов не в полной степени владеет способами и навыками взаимодействия с информационной средой посредством пользовательского интерфейса продукта Microsoft Office или любого другого аналогичного (Open Office, Google Docs, Google Sheets и т. п.).

Для того чтобы студенты научились практически использовать возможности офисных программ, на лабораторных занятиях по информационным технологиям мы предоставляем студентам гуманитарных факультетов возможность изучить различные методы и способы предоставления информации, её обработки, интерпретации, а также раскрыть свой интеллектуальный и творческий потенциал, развить гибкость и индивидуальность мышления в процессе создания информационного продукта для нужд конкретной специальности [2].

На лабораторных занятиях по изучению текстового редактора мы часто используем эмоционально-художественные задания для разработки и создания красивого внешне и грамотно структурированного изнутри документа. Задания подобного рода могут быть направлены на анализ и выявление каких-либо закономерностей, особенностей формы, принципов и способов предоставления текстовой и графической информации.

При изучении табличного процессора целесообразно использовать рационально-логические задания, которые зачастую построены аналогично с математическими, конструкторскими и исследовательскими задачами. Они формируют конструктивные способности, пространственное мышление, развивают аналитические качества ума. При выполнении этих заданий уместны расчёты, вычисления, построение диаграмм и графиков.

Студентам естественнонаучных факультетов предлагаются практико-исследовательские задания, направленные на отработку практических навыков использования информационных тех-

нологий для решения некоторых задач курса «Высшая математика». При этом можно «сплавлять» вместе чистую теоретическую математику с её приложениями, связанными с конкретной специальностью [3].

Языком информационных технологий мы пытаемся нивелировать нежелание «гуманитариев» изучать «скучную» математику, заменяя формализованные задания неформально-творческими. В результате у студентов разных специальностей формируется взаимопонимание, повышается мотивация к учёбе, сглаживается негативное восприятие изучения «чуждых» предметов, развиваются навыки самостоятельной работы, формируется коммуникативная компетенция, без которой невозможно интегрироваться в современное информационное общество [4].

### Литература

1. *Ерошенко В.А.* Диалог культур в гуманитарном и математическом образовании // Вестник Московского университета. Серия 20: Педагогическое образование. 2014. № 2. С. 34–44.
2. *Сташевский О.Н., Яблонская Н.Б.* Современные информационные технологии в коррекционной профессиональной работе педагога-психолога // Методология и философия преподавания математики и информатики: к 50-летию основания кафедры общей математики и информатики БГУ: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 24–25 апр. 2015 г. / редкол.: В.А. Ерошенко (отв. ред.) [и др.]. Минск: Изд. центр БГУ, 2015. С. 289–292.
3. *Плащинский П.В., Воронкина Н.А.* Взаимная интеграция курсов математики и информатики на географическом факультете // Медико-социальная экология личности: материалы XII Междунар. конф., Минск, 11–12 апр. 2014 г. / редкол.: В.А. Прокашева (отв. ред.) [и др.]. Минск: Изд. центр БГУ, 2014. С. 484–486.
4. *Гулая Т.М.* Межкультурная коммуникация и языковые социальные сети // Экономика, Статистика и Информатика. 2014. № 1. С. 7–10.

**О.А. Велько**

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Беларусь*

## **ПРОБЛЕМА МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ В СОЦИАЛЬНЫХ НАУКАХ**

Проникновение математических методов в социальные науки связано прежде всего с развитием экспериментальных и прикладных исследований и оказывает достаточно сильное влияние на ее развитие. Без применения математического аппарата трудно обойтись при решении практически любой социологической задачи.

Возможность применения математики возникает тогда, когда исследователь абстрагируется от многих конкретных черт изучаемого объекта и предполагает адекватной сути решаемой задачи определённую формализацию рассматриваемого явления. Заметим, что социология решает следующие задачи:

- анализирует данные, то есть объясняет результаты опросов или других исследований, представленных в виде массивов числовых данных, используя при этом кластерный анализ, компонентный анализ, факторный анализ, регрессионный анализ;
- объясняет социальные явления;
- описывает социальные явления, строя при этом модели явлений, в том числе и математические;
- предсказывает социальные явления, используя методы математического моделирования.

Проблема методов исследования занимает в социальных науках исключительно важное место. Условно их можно разделить на экспериментальные и не экспериментальные. Не экспериментальные методы направлены непосредственно на сбор, регистрацию некоторого первичного материала через наблюдение, опрос и т. п. При помощи этих методов добывается эмпирический материал. Экспериментальные методы подразумевают исследовательскую процедуру, осуществляемую при контролируемых ис-

следователем условиях. Существенным требованием к эксперименту является строгое выделение одного исследуемого фактора или его вариаций и регистрация тех изменений, которые связаны с действием этого фактора, и на этой основе извлекаются начальные данные. Нужно отметить, что в социологии соблюсти это требование чрезвычайно трудно. Однако современные методы планирования эксперимента позволяют добиваться разделения ряда факторов и изолированного рассмотрения каждого из них.

Например, методы математической статистики применяются при обработке эмпирического материала. В связи с комплексным характером зависимостей в социологии используется ряд методов и статистических приемов, направленных на анализ сложных многофакторных структур. Среди них отметим вариационный, который связан с оценкой влияния целого ряда факторов (независимых переменных). Этот метод применяется почти во всех областях экспериментальной социологии. Заметим, что главной целью анализа данных является выделение статистических закономерностей, то для социологов наиболее важным разделом математики будет математическая статистика и лежащая в её основе теория вероятностей. Для того чтобы эффективно пользоваться этим разделом, необходимо понимать, что лежащие в основе математической статистики положения отражают нечто важное для социолога.

Если статистические методы используются для подведения итогов данных эксперимента и проверки статистических гипотез, то математическая модель относится к более абстрактному уровню анализа. Моделирование может быть охарактеризовано как теоретическое и эмпирическое исследование объекта, при котором изучается не сам объект, а некоторая вспомогательная искусственная или естественная система. При построении моделей используются различные математические аппараты: теория вероятности, теория алгоритмов, теория конечных автоматов. Главные задачи, которые ставят в настоящее время исследователи в области математической социологии: усложнение моделей за счет более глубокого отражения в них сущности социологических явлений, учета их качественной стороны; создание для этого адекватного математического аппарата; уточнение условий, при

которых оказывается справедливым то или иное предположение, проверяемое с помощью моделей. В основе решения многих прикладных социологических задач лежат методы математического моделирования.

Методы теории информации нашли большое распространение в исследованиях процессов обнаружения, различения и опознания человеком сигналов, переработки им информации в ситуации выбора, решения некоторых задач, деятельности операторов в системах «человек – машина» и т. д. Теория информации возникла как статистическая теория связи, использующая теоретико-вероятностные представления.

Математическое образование социологов должно помогать налаживанию отвечающего современным требованиям профессионального образования, развивать творческий потенциал и интеллектуальные способности студентов. Выпускник вуза должен уметь решать различные исследовательские задачи в профессиональной деятельности различными методами, в том числе и математическими.

### **Литература**

1. *Еровенко В.А., Велько О.А.* «Парадокс Кондорсе», или Математическая социология как методическая проблема конструктивного взаимодействия // Высшая школа. 2012. № 3. С. 47–50.
2. *Велько О.А.* Роль математического моделирования в математической подготовке студентов-социологов // Математика, информатика их приложения и роль в образовании: тезисы докладов Российской школы конф. с метод. участием, Москва, 14–18 декабря 2009 г. М.: РУДН, 2009. С. 261–263.

***В.Д. Полежаев, К.О. Юсупова***

*Московский государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет),  
г. Москва, Россия*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОГНОЗНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ МЕДИАИССЛЕДОВАНИЙ**

Исследование процесса, развитие которого напрямую зависит от поведения человека, достаточно сложная работа с точки зрения математического моделирования. Изучение человеческого фактора требует глубокого анализа имеющихся данных и рассмотрение всех возможных дополнительных ситуаций, которые могут не так явно оказывать влияние на исследуемый объект. Последнее время все большую популярность набирает анализ рекламного рынка с точки зрения поведения пользовательской аудитории различных ресурсов, таких как: радио, интернет, телевидение. Именно на основе моделирования картины популярности отдельных телеканалов или передач можно сделать вывод о дальнейшей судьбе исследуемого проекта. Прогнозирование поведения различных аудиторных показателей может стать надежным основанием для составления бюджетов на планируемый период. Все перечисленные задачи и методы их решения, требующие математического обоснования в сфере рекламы, были выделены в отдельную сферу рекламной деятельности, именуемую «медиапланирование».

Достаточно популярной задачей в сфере рекламной аналитики является изучение наличия конкуренции между набором определенных сайтов. Авторами был проведен анализ по выявлению сайтов, в большей степени влияющих на популярность других. Для расчетов были использованы данные о средней доле посетителей нескольких интернет-ресурсов за каждый месяц [1]. Среди достаточно большого набора сайтов были схожие по тема-

тике. Результат проведения корреляционного анализа свидетельствует о том, что сайты, которые имеют похожий контент или функцию в сети (например, сервис «Почта» в различных крупных поисковых системах), оказывают сильное влияние на рейтинги друг друга: увеличение среднемесячной доли зрителей одного сайта влечет очевидное снижение доли зрителей другого [2; 3].

Подобный анализ также был выполнен и в случае с телевизионными каналами. По данным о доле зрителей телеканалов, которые входят в ТОП-10 крупнейших телеканалов по выручке и размеру аудитории, были выявлены пары телеканалов, между которыми наблюдается конкуренция, и было определено, насколько она сильная. Данный анализ необходим, например, для составления прогноза рейтингов телеканала на будущий период, с учетом влияния конкурирующих с ним каналов [2].

Если говорить о построении прогноза, то в медиапланировании в этом вопросе тоже есть свой определенный подход. Обычно прогнозы строятся на базе данных за 1–2 года, непосредственно предшествующих прогнозируемому периоду. Считается, что данные за более ранние годы включают в себя совершенно другие факторы, которые влияли на аудиторию (был другой набор каналов в городе, немного другие предпочтения у людей, другое качество программ и фильмов и т. д.). Тем самым, прогноз на базе большого набора данных дает более грубую оценку. Поэтому в работе, как наиболее достоверное, было применено прогнозирование на основе данных, например, за один прошедший год, но с более подробной разбивкой (неделя, две недели).

В ходе исследований было выявлено, что для прогнозирования доли зрителей телеканалов наиболее подходящими оказались методы, которые позволяют объединить модели авторегрессии и скользящего среднего. Применение таких методов является особенно актуальным для описания и прогнозирования процессов, в которых проявляются однородные колебания вокруг среднего значения. Комбинирование этих методов также эффективно в случае, когда рассматривается ситуация, в которой за промежуток времени, предшествующий прогнозируемому периоду, наблюдается аномальное отклонение данных от обычного поведения (среднего значения для соответствующего месяца). Напри-



мер, в связи с каким-либо происшествием закрывается показ рекламы в эфире, что влечет резкий нехарактерный спад рейтинга в данном месяце. В таком случае в алгоритме построения прогноза добавляется пункт сглаживания отклонения, который должен производиться без нарушения общих тенденций поведения аудитории на всем периоде.

В составлении прогнозов в сфере рекламы есть еще много моментов, требующих глубокого математического анализа [4]. Построение прогнозов с учетом максимального количества факторов и особенностей, таких как конкуренция и сезонность, может быть реализовано с использованием адаптивных методов прогнозирования. При таком подходе особый интерес представляет использование методов идентификации параметров модели для составления максимально точного прогноза. Данная составляющая часть процесса моделирования нередко игнорируется, и производится оценка параметров стандартными приемами, что зачастую снижает точность прогноза. В последующих работах будут представлены материалы исследований в указанном направлении.

## **Литература**

1. Результаты исследований аудитории СМИ. Интернет // Медиаскоп. URL: <http://mediascope.net/services/media/media-audience/internet/information/> (дата обращения: 15.10.2018).
2. Юсупова К.О. Исследование наличия конкуренции между российскими телевизионными каналами и интернет-сайтами на основе количественного анализа их пользовательской аудитории // Международный студенческий вестник. 2018. № 3-1. С. 140–144.
3. Юсупова К.О. Анализ поведения аудитории интернет-сайтов на основе данных медиаисследований // XXXI Международные Плехановские чтения. 19–22 апреля 2018 г.: материалы чтений: в 3 т. М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2018. Т. 2. С. 31–35.
4. Полежаев В.Д., Полежаева Л.Н. Обоснование выбора вида функций, применяемых для аппроксимации данных в экономико-математическом моделировании // Информационные технологии и математические методы в экономике и управлении (ИТиММ-2016) 26–27 мая 2016 г.: сборник научных статей. М.: РЭУ им. Г.В. Плеханова, 2016. С. 18–25.

***П.О. Деревянкина***

*Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет, г. Пермь, Россия*

## **ЧИСЛЕННАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ НАСЕЛЕНИЯ ПО НАКОПЛЕНИЯМ**

По данным статистики, уровень бедности, составлявший более 30 % в 1990-е годы и сократившийся к 2012 году до 10,7 %, сейчас вновь возрос до 13,2 %, что говорит о необходимости совершенствования системы социальной защиты. Для этого требуется всестороннее обследование финансового состояния уязвимых слоев общества, в частности в области распределения по денежным накоплениям.

В работе рассматривается кластер бедных семей Пермского края (совокупный доход семьи не превышает одного прожиточного минимума). Исследуется модифицированная модель экономической структуры общества Д.С. Чернавского [1], представляющая собой дифференциальное уравнение в частных производных параболического типа, где искомой функцией является плотность распределения семей по накоплениям. Для оценки сложившейся ситуации решается краевая задача для уравнения динамики распределения денежных накоплений в стационарном случае [2].

Далее для этой распределенной системы формулируется задача оптимального управления с граничным управлением и распределенным наблюдением: управляя плотностью распределения при минимальных денежных накоплениях (нулевых накоплениях), требуется обеспечить заданное распределение этих семей по накоплениям по всей области накопления-время (в качестве заданного выбрано нормальное распределение). Выводятся необходимые условия разрешимости такой задачи по схеме, описан-

ной в [3]. Полученная оптимизационная система численно решается в системе Comsol Multiphysics 4.2.

Полученные результаты могут использоваться в разработке специальных программ по снижению численности населения с доходами ниже прожиточного минимума.

### **Литература**

1. Динамика экономической структуры общества / Д.С. Чернавский и др. // Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика. 1996. Т. 4, № 3. С. 67–75.
2. *Первадчук В.П., Владимирова Д.Б., Деревянкина П.О.* Математическое моделирование экономической структуры общества на примере статистических данных по Пермскому краю // Вестник Пермского университета. Сер. «Экономика» = Perm University Herald. Economy. 2018. Т. 13, № 3. С. 390–401. doi: 10.17072/1994-9960-2018-3-390-401.
3. *Владимирова Д.Б., Деревянкина П.О.* Оптимальное управление распределенными системами в задачах социально-экономического анализа // Глобальный научный потенциал. 2016. № 3 (60). С. 40–43.

УДК 349.681-51.77

***А.И. Горев, Е.Г. Горева***

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

## **О МОДЕЛИ ДОСТОВЕРНОСТИ ИНФОРМАЦИИ**

Широкое распространение в виртуальной среде сети Интернет сетевых средств массовой информации (далее – СМИ), не имеющих печатного формата издания, блогов и новостных агрегаторов существенным образом изменило информационное пространство любого государства. Приравнивание на законодательном уровне блогов и новостных агрегаторов к средствам массовой информации явилось адекватной реакцией государства. Однако вопросы достоверности распространяемой информации и ответственности СМИ решены не в полной мере. Возможное распро-

странение ложной и провокационной информации содержит угрозу информационной безопасности личности, общества, государства, что, в свою очередь, требует адекватной реакции государственных органов, призванных контролировать данную сферу.

Акцент на указанные проблемы выбора и доведения информации ставится потому, что современные сетевые издания с успехом могут быть использованы для фальсификации информации. Примером превращения ложной информации в достоверную за четыре этапа может быть технология, изложенная в 2008 г. на официальном сайте губернатора Кировской области Н.И. Белых под названием «Информационный терроризм для чайников. Руководство для пользователей»:

1. Заводится анонимный аккаунт в ЖЖ (для одноразового использования).

2. Пишется пост якобы с инсайдерской эксклюзивной информацией, бросающей тень на объект информационного воздействия.

3. Через 2–3 дня на одном из «желтых» интернет-СМИ размещается статья с теми же фактами.

4. Одновременно в уважаемой газете размещается нередакционная статья со ссылкой на тот же пост.

Таким образом, популярный интегратор или уважаемая газета становится распространителем недостоверной информации, которую на веру воспринимают миллионы интернет-пользователей. Следует правильно оценивать эти возможности в условиях ведения информационной войны.

В соответствии с ч. 2 ст. 10.4. Закона «Об информации, информационных технологиях и защите информации» «владелец новостного агрегатора не несет ответственность за распространение им новостной информации в случае, если она является дословным воспроизведением сообщений и материалов или их фрагментов, распространенных средством массовой информации, которое может быть установлено и привлечено к ответственности за нарушение законодательства Российской Федерации о средствах массовой информации». Данная норма созвучна ст. 57 Закона Российской Федерации «О средствах массовой информации». Действительно, дословное воспроизведение является

только тиражированием уже распространенной информации. Однако приведенный выше пример современного способа фальсификации информации заставляет по-другому оценивать возможности новостных агрегаторов. Ст. 10.2 Закона об информации регулирует деятельность блогеров, посещение страниц которых в сутки превышает 3 тыс., предъявляя к ним требования по достоверности, аналогичные СМИ.

Однако практика показывает другое. Во время трагических событий в Кемерово весной 2018 г. распространение ложной информации о жертвах пожара велось через электронные каналы. Ссылаясь на «право дословного воспроизведения», блогеры перепечатавали информацию из социальных сетей, куда были сделаны намеренные вбросы.

В 2012 г. в Закон об информации было введено дополнение, регулирующее создание и ведение Единого реестра доменных имен, указателей страниц сайтов в сети Интернет и сетевых адресов, позволяющих идентифицировать сайты в сети Интернет, содержащие информацию, распространение которой в Российской Федерации запрещено. В 2014 г. в Закон об информации было введено дополнение, регулирующее создание и ведение реестр сайтов и (или) страниц сайтов в сети «Интернет», на которых размещается общедоступная информация и доступ к которым в течение суток составляет более трех тысяч пользователей сети. Однако, на наш взгляд, правовое регулирование информационных отношений в Сети требует дальнейшего развития.

Настало время создания Единого реестра доменных имен «достоверных сайтов», пользование которыми минимизирует риск потребителя информации. Этот реестр должен включать сайты государственных органов и организаций, образовательных учреждений, СМИ. Принадлежность к реестру должна гарантировать высокий интерес и цитируемость интернет-аудитории. Зафиксированная публикация недостоверной информации должна вести к исключению из реестра и, как следствие, потере доверия со стороны пользователей.

В качестве первого шага в данном направлении можно предложить построение модели достоверности сетевых СМИ. Данная модель может быть построена с учетом следующих критериев:

1. Каждый источник информации (СМИ, блог, иной ресурс) имеет оценку достоверности по шкале от нуля до единицы;
2. Отсутствие «фейковых» новостей за конкретный период времени повышает оценку достоверности на 1,0 %;
3. Распространение «фейковой» новости снижает оценку издания на 10,0 %;
4. При дословном воспроизведении информации ресурс должен указать источник вместе с его баллом достоверности;
5. Новостной агрегатор при подборе сводок новостей также должен указать источники вместе с баллами достоверности;
6. При распространении информации новостной агрегатор может присвоить новости оценку достоверности исходя из количества источников, их оценок достоверности, независимости источников. Например, новость распространяемая несколькими СМИ одного холдинга не может иметь оценку выше балла достоверности самого «достоверного» источника холдинга;
7. Оценка достоверности новости не может быть выше самого «достоверного» источника ее сообщившего. В противном случае, если к данной оценке применить «сложение вероятностей», можно получить ситуацию, когда 5 источников с достоверностью 0,5 распространят новость, которой будет присвоена оценка 0,99.

Указанные критерии могут быть алгоритмизированы и использованы при распространении информации любыми СМИ. Конечный потребитель должен иметь возможность получать любую информацию – слухи или проверенные данные – это выбор каждого. Но он должен знать о качестве (достоверности) полученной информации.

*Е.В. Смагина*

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

## **ЗАРПЛАТНЫЕ ОЖИДАНИЯ СТУДЕНТОВ ФАКУЛЬТЕТА КОМПЬЮТЕРНЫХ НАУК ОмГУ им. Ф.М. ДОСТОЕВСКОГО**

В настоящее время многие исследования фиксируют у студентов завышенные ожидания, которые не безобидны в своих последствиях, поэтому требуют внимания и изучения. Исследовать такие ожидания необходимо в совокупности с другими социально-демографическими факторами, для выявления их влияния на формирования ожиданий. За важные факторы здесь взяты – пол, возраст, материальное положение семьи, условия первичной социализации и опыт работы студентов.

Выявленные зарплатные ожидания необходимо сравнивать с актуальными заработными платами для молодых специалистов на рынке труда, для чего был использован контент-анализ востребованных сайтов по поиску работы.

Ожидания студентов, после соотнесения с реальными заработными платами по г. Омску, были разделены на три группы – адекватные, заниженные и завышенные.

Результаты подтверждают тенденцию исследований о том, что в настоящее время среди студентов преобладают завышенные ожидания. Влияние, каких факторов является при этом ключевым в формировании такого рода ожиданий – определялось регрессионным анализом.

С помощью данного анализа была выявлено значение двух факторов, оказывающих влияние – зарплатные ожидания в большей мере зависят от ситуации на момент, когда будущие студенты только отправляются в школу. В этот момент важно, в каком населенном пункте проживает индивид, а также материальное положение его семьи. Именно эти показатели больше всего предсказывают, какими будут ожидания у студентов в будущем относительно заработных плат.

***Ю.И. Дервянченко***

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

## **ТОЛЕРАНТНОСТЬ И СОЦИОКУЛЬТУРНАЯ ИДЕНТИЧНОСТЬ**

Классическое представление об идентичности, оформившееся в Новое время, характеризуется тем, что идентичность личности имеет строго дескриптивный характер. Идентичность наделяется фиксированным набором качеств, чаще всего обусловленных положением в социальной структуре общества. Общество, организованное и функционирующее по машинным принципам, нуждалось в индивидах с чётко очерченными масштабами поведения. Отторжение предписанных коллективом механизмов идентификации воспринимается как социальная анонимия, или свидетельство психического расстройства.

Постиндустриальное общество, преодолев под влиянием социально-экономических потребностей принципы дисциплинарной власти, предоставило человеку конструировать свою идентичность, свободно меняя набор значимых характеристик.

Однако, несмотря, произошедшие изменения, культурные факторы принадлежности к той или иной социальной общности, по-прежнему остаются определяющими, выступая фоном в процессе индивидуальной идентификации. Идентичности конструируются через принятие или неприятие культуры иных социальных, прежде всего этнических общностей. Архетип «чужого» выступает необходимым условием осознания собственной идентичности. Иные культуры, системы ценностей, позиции могут допускаться и даже при соответствующих условиях поощряться, но не разделяться. Точка отсчёта для оценки всех явлений лежит в системе ценностей «своей» группы – т. е. той группы, с которой идентифицирует себя субъект. Ярко выраженная социокультур-



ная идентичность, подразумевает состояние общественного конфликта в качестве условия своего существования.

Достаточно подробно причины социально-конфликтного характера идентичности анализирует М.Б. Хомяков, показывая, что феномены идентичности и толерантности аналитически противоположны. В самом понятии толерантности содержится требования ослабления своей связи с группой. Преодоление этого противоречия возможно лишь на основе гражданской идентичности в основе, которой лежит доверие как ценность, определяющая взаимодействие между различными социальными общностями. В гражданской идентичности человек способен идентифицировать себя хотя бы отчасти с другими социальными группами [1].

В этом случае эффективная социальная коммуникация может осуществляться только в случае отсутствия жёстко фиксированной идентичности, что позволяет перевести контактирующие субъекты из плоскости межкультурной коммуникации в плоскость коммуникации внутри культуры. И наиболее значимым фактором толерантного отношения к представителям других этнических и культурных групп оказывается опыт повседневного взаимодействия. Интенсивность взаимодействий снижает межэтническую напряженность, позволяя включать в идентификационные механизмы элементы культур других этносов.

### **Литература**

1. *Хомяков М.Б.* Идентичность, толерантность и идея гражданства // *Гражданские, этнические и религиозные идентичности в современной России* / отв. ред. В.С. Магун. М.: Изд-во Института социологии РАН, 2006. С. 30–56.

*И.А. Петренко*

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

## **КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ ФИНАНСОВЫХ УСЛУГ В СИСТЕМЕ СОЦИАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Наука о финансах насчитывает несколько веков, и ее возникновение относят к XV–XVI вв. Автором термина «финансы» принято считать французского ученого Жана Бодена, который в 1577 г. издал работу «Шесть книг о республике».

Цель данной статьи – рассмотреть зарождение и развитие науки о государственных финансах, раскрыть основные характеристики классических западных теорий государственных финансов.

Концептуальные основы можно распределить между несколькими типологиями:

1. Концепция, основанная на потреблении услуг. Продолжатели учения А. Смита связывали все финансовые явления с потреблением. Представителем этой теории является французский экономист Жан-Батист Сэй. Суть его взглядов состоит в том, что государственные финансы являются непроизводительным потреблением материальных благ. Поскольку такой род потребления во имя исполнения функций государства неизбежен, то его необходимо ограничить минимально допустимыми пределами. С того момента, как денежные средства налогоплательщиком выплачены государству, их стоимость для плательщика утрачена. Однако когда эта стоимость будет использована государством, она будет потеряна для всего общества в целом. Всякий налог, непропорциональный той пользе, какая получена от государства, есть степень нерациональности и неэффективности деятельности этого государства [1].

2. Теория взаимного обмена. Ряд английских и французских авторов, прежде всего Шарль Монтескье, выдвинули идею

о том, что в основе государственных финансов лежит явление обмена. Суть теории взаимного обмена состоит в обмене государственных услуг на долю дохода и имущества граждан и предприятий. Основой налогообложения является не своеволие государства, а феномен естественного порядка [1]. Люди, выплачивая налоги, тем самым обменивают часть своих материальных средств на жизненно необходимые услуги, которые оказывает государство. Государство рассматривается как производитель общественных благ, в которых нуждается население страны.

3. Теория государственного производства благ. Некоторые ученые считали, что государство – это часть общества, являющаяся производителем нематериальных богатств. Предприятия и домашние хозяйства производят материальные блага, которые в свою очередь преобразовываются в блага нематериальные, а именно: безопасность, просвещение и правосудие. Данной точки зрения придерживался Генрих Фридрих фон Шторх. По его мнению, государство – это главный преобразователь и производитель нематериальных благ и услуг. Любой вид государственного расхода, чтобы быть производительным, должен в результате приносить выгоду, значительно превышающую издержки. Стоимость богатств, составляющих государственные расходы, полностью восстанавливается в ценности произведенных ими благ.

4. Концепция страхового учреждения. Согласно этой теории, государство рассматривается как своеобразное страховое учреждение, которому экономические агенты платят за охрану и сбережение своей собственности и богатства. То есть государству выплачивалась «премия». Размер премии зависел от степени риска, возложенной на государство. Ярким представителем данной теории является Давид Рикардо. Ученый имел большой опыт практической деятельности и считал, что главным источником государственных доходов является прибыль предприятий. Следует отметить, что конкретная форма налога для данной концепции не важна. Однако общее налогообложение должно быть организовано государством справедливо и эффективно. Кроме того, налог служит средством «сокращения заработной платы трудящихся и источником содержания праздных классов и социальных групп». Таких взглядов придерживался, например, Ф. Лассаль.

Рассматриваемое теоретическое направление оказало большое позитивное влияние на разработку вопросов о прогрессивном налогообложении и налогах на наследство и капитал [1].

Заслуги классического направления в формировании общей картины экономической мысли бесспорны. Именно ориентируясь на классические постулаты, отталкиваясь от них и критикуя их, создавались многие альтернативные течения экономической мысли.

### **Литература**

1. *Афанасьев М.П., Кривошов И.В.* Предпосылки формирования теории государственных финансов // Вопросы государственного и муниципального управления. 2008. № 2. С. 50–72.
2. *Финансы: учебник для бакалавров / под ред. проф. М.В. Романовского, проф. О.В. Врублевской.* 3-е изд., перераб. и доп. М.: Юрайт, 2012. 590 с.

УДК 323.2

***Е.Э. Шелез***

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

## **МЕХАНИЗМЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОРГАНОВ ИСПОЛНИТЕЛЬНОЙ ВЛАСТИ И НЕКОММЕРЧЕСКИХ ОРГАНИЗАЦИЙ**

В современной России как в публицистике, так и в научной среде все чаще используется термин «гражданское общество». На сегодняшний день в Российской Федерации доступны различные формы участия населения: формальные (гражданские), включающие федеральные, региональные, местные выборы, референдумы, контроль реализации управленческих решений, митинги и так далее, и, социальное или общественное участие, то есть любая коллективная деятельность людей, направленная на удовлетворение

---

© Шелез Е.Э., 2018

групповых интересов. На законодательном уровне Федеральным законом № 7-ФЗ «О некоммерческих организациях» [4] осуществляется работа некоммерческих организаций («НКО») и общественных движений. По содержанию деятельности НКО разделяют на: благотворительные, ветеранские, детские, молодежные, защита прав, культура, образование, социальные, национальные, спортивные, экологические [2]. Результаты опросов показывают, что активность населения по отношению к участию в НКО крайне низкая.

Возникает вопрос, увеличивается ли количество некоммерческих организаций в субъектах Российской Федерации, и в тоже время, наступает ли кризис недостаточно развитой способности взаимодействия органов исполнительной власти и гражданского общества.

Очевидным примером гражданской формы участия являются выборы: участие в федеральных выборах, региональных и местных, активное обсуждение программ развития, а также контроль за принятием решений и их исполнением на местном уровне. Также нельзя не упомянуть «голосование, участие в демонстрациях, митингах, пикетах и т. п., внесение денежных взносов, написание писем, петиций, вступление в личные контакты с политиками и должностными лицами, членство в различных организациях, выдвижение гражданских инициатив на местном уровне, сходы граждан, голосования по отзыву депутата, публичные слушания, правотворческая инициатива, территориальное общественное самоуправление, собрания граждан, опросы и пр.» [1, с. 163–170].

Современный этап развития российского общества характеризуется усложнением управленческих задач, встающих перед государственными институтами. Это обусловлено тем, что усложняется структура общества в целом, разрабатывается и детализируется нормативно-правовая база функционирования страны, возрастает общественный интерес к процессам государственного и муниципального управления [3]. Для улучшения интересов, которые представляют граждане, находящиеся в общественных объединениях или в некоммерческих организациях недостаточно активны и решаемы со стороны институтов представительной власти.

Одним из эффективных методов, который сможет помочь органам исполнительной власти субъектов РФ и НКО является проведение социологического опроса. А именно, в ходе мониторинга, возможно, узнать причины отстранения или недостаточной коммуникации между представителями НКО и Министерством. Социологический опрос позволит выявить пути решения информированности о государственных субсидиях, выделяемых субъектом РФ, а также позволит осуществлять некое «кураторство» над НКО, по профилирующим вопросам органа исполнительной власти. Достаточно бюджетное финансовое исследование, которое может провести даже муниципальный орган власти, но при этом современные «чиновники» смогут в сжатые сроки устранить и улучшить механизм сотрудничества и содействия.

### **Литература**

1. *Краснопольская И.И., Мерсиянова И.В.* Гражданское общество как среда производства и распространения социальных инноваций в России // XVI Апрельская международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества: в 4 кн. / отв. ред.: Е.Г. Ясин. М.: Изд. дом НИУ ВШЭ, 2016. Кн. 3. С. 163–170.
2. Портал некоммерческих организаций Омской области. URL: <http://nko-omsk.ru/> (дата обращения: 20.01.2017).
3. *Скалабан И.А.* Социальное, общественное и гражданское участие: к проблеме осмысления понятий // Вестн. Томского государственного университета. Философия. Социология. Политология. 2011. № 1 (13). С. 130–139.
4. Федеральный закон «О некоммерческих организациях» от 12.01.1996 № 7-ФЗ (последняя редакция) // КонсультантПлюс: справ.-правовая система. URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_8824/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_8824/) (дата обращения: 20.01.2017).

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

---

---

УДК 004.75

*Г.М. Баенова, А.К. Жумадиллаева*

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

**ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ**  
**ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ**

Тенденции современных технологий направлены на использование параллельных вычислений для моделирования сложных процессов, требующих интенсивной мощности и длительного времени для выполнения задач. Для разработки моделей параллельного программирования используются различные подходы к совместному использованию памяти распределенные или гомогенные, или же гетерогенные или гибридные вычислительные узлы. Наиболее распространенными являются модели гетерогенных программ, особенно с многоядерными и графическими процессорами. Наиболее распространенными моделями параллельного программирования, которые можно рассматривать как гомогенные вычислительные модели, являются потоки POSIX, разделенная память OpenMP, интерфейс передачи сообщений (MPI).

MPP (массово-параллельная обработка), относящаяся к классу параллельных вычислительных систем, осуществляет обработку программы несколькими процессорами, работающих в разных частях программы, где каждый процессор использует

свою собственную операционную систему и память. Как правило, MPP-процессоры обмениваются данными с использованием некоторого интерфейса обмена сообщениями. В одном и том же приложении могут работать до двухсот или более процессоров. MPP обычно встречается в таких приложениях, как системы поддержки принятия решений и хранилища данных. Суперкомпьютеры также являются примерами архитектуры MPP.

В последнее время очень популярны стали другие решения для НРС (высокопроизводительных вычислений), такие как grid-вычисления, облачные и добровольные вычисления. Эти три современных способа вычисления относятся к принципам распределенных вычислений. Распределенные вычисления основаны на концепции выполнения высокопроизводительных вычислений с использованием географически удаленных машин, которые стали возможны с появлением Интернета и высокоскоростных сетей. Компьютеры, участвующие в вычислениях, могут находиться на расстоянии в тысячи километров друг от друга, при этом они обмениваются информацией через Интернет.

Grid-вычисления объединяют географически удаленные узлы для одновременного решения заданной задачи. Вычислительные ресурсы (опосредованные физическим оборудованием), которые поддерживают вычисления, предоставляются различными вспомогательными учреждениями и организациями, в лице которых могут выступать компании, исследовательские институты, лаборатории, университеты и т. д. Группы людей, принимающие участие в grid-вычислительных проектах для решения задач, обычно называются виртуальными организациями, поскольку эти группы часто неоднородны и формируются разными людьми из различных организаций, которые географически разбросаны.

Другой вид распределенных вычислений – добровольные вычисления, стали полезным инструментом для научных целей. Их суть заключается в использовании вычислительной мощности машин, которые были приобретены для использования в повседневной жизни. Это обычные настольные компьютеры и ноутбуки, имеющиеся в каждом доме и подключенные к Интернету, с помощью которых можно выполнять вычисления для решения



научных проблем. Для этого необходимо согласие владельца на использование его компьютера и согласие на установку соответствующего программного обеспечения (именно по этой причине такие вычисления называются добровольными вычислениями).

Учитывая, что сложность и эффективность сети увеличивается в соответствии с Законом Мура, а число пользователей компьютеров растет еще более высокими темпами за последние годы, то данный вид вычислений имеет огромные потенциальные возможности. Именно поэтому считается, что мощность частных компьютеров, которые потенциально можно задействовать для определенных задач, остается недоиспользованной.

Проекты добровольных вычислений часто полагаются на ПО с открытым исходным кодом, что также подходит для grid-вычислений. Несмотря на то, что grid-вычисления и добровольные вычисления имеют некоторые схожести, между ними существует ключевое различие. Grid-вычисления обычно являются симметричными, а вычисления на добровольных компьютерах являются асимметричными. Это означает, что в первом варианте одна организация может занять ресурсы в один день и предоставить их на следующий день, а во втором, волонтеры (владельцы частных компьютеров) просто предоставляют свои ресурсы для проекта.

Облачные вычисления также обеспечивают вычислительные возможности для научных задач, путем подключения удаленных компьютеров к облаку через Интернет. В облачных вычислениях набор виртуальных серверов работают совместно, чтобы удовлетворить запросы пользователей, обеспечивая интерактивную обратную связь и используя имеющиеся вычислительные возможности. Облачные вычисления имеют некоторые преимущества перед другими способами вычислений. Например, они позволяют пользователю незамедлительно получать доступ к вычислительным ресурсам без необходимости взаимодействия с поставщиком услуг. Облачные вычисления позволяют использовать программное обеспечение без необходимости приобретения лицензии или ее установки, и пользователю не нужно иметь квалификацию для управления программным обеспечением или инфраструктурой.

Таким образом, основными принципами высокопроизводительных вычислений являются обеспечение высокой производительности для расчетов сложных моделей, эффективности параллельных вычислений, за счет использования различных алгоритмов управления памятью: общая память, распределённая память, гибридная технология и чрезвычайно параллельные вычисления.

#### Литература

1. *Hager G., Wellein G.* Introduction to High Performance Computing for Scientists and Engineers. CRC Press – Taylor & Francis Group, 2011.
2. *Jacob B., Brown M., Fukui K., Trivedi N.* Introduction to grid computing. Redbooks, 2005.

UDC 004.89

*A.N. Ismukanova<sup>1</sup>, D.N. Lavrov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Sh. Ualikhanov Kokshetau State University, Kokshetau, Kazakhstan*

<sup>2</sup>*Dostoevsky Omsk State University, Omsk, Russia*

### **CLASSIFICATION BY A SIMPLE BAYESIAN ALGORITHM**

The algorithm NaiveBayes, a simple Bayesian algorithm, is widely-known and built-in in NLTK in the form of a class NLTK.NaiveBayesClassifier. Bayes allows to classify elements upon existence or lack of certain elements in their structure. As elements, certain words of a natural language are used. The algorithm is not difficult, it does not mean interrelations between elements. There is a certain class nltk.probability.FreqDist in NLTK. It helps to define often found words. The following method 'collect-all-word' return the massif containing all words from all training notes. The massif is processed by method 'identify\_rop\_words' and returns often found words. Keys of function of a class of nltk.FreqDist actually are sorted according to the corresponding values, thereby it is possible to select the 1000 most often found words, specifying the range of indexes according to syntax Python.

### **Listing 1. The Usage of a class nltk FreqDist**

```
def collect_all_words(self, items):  
    all_words = []  
    for item in items:  
        for w in item.all_words:  
            words.append(w)  
    return all_words  
def identify_top_words(self, all_words):  
    freq_dist = nltk.FreqDist(w.lower() for w in all_words)  
    return freq_dist.keys()[:1000]
```

For imitation of RSS on the NLTK database from scientific texts of Russian and Kazakh it is necessary to allocate and read the file, for this purpose: / nltk\_data/ corpora/ rurers/cats.txt/:

```
def read_reuters_metadata(self, cats_file):  
    f = open(cats_file, 'r')  
    lines = f.readlines()  
    f.close()  
    return lines
```

Obtaining the characteristics of each message from a tape is carried out by method ~features ~from a class RssItem. Using this method the mass of all words (all\_words) of texts is reduced to a set of unique words, smaller by the value, due to elimination of similar words. To check in scientific texts of existence or lack of widespread words it is necessary to execute pass according to the list.

### **Listing 2. The corresponding Code on Python**

```
def features(self, top_words):  
    word_set = set(self.all_words)  
    for w in top_words:  
        features["w_%s" % w] = (w in word_set)  
    return features
```

For processing of an algorithm it is necessary to create a training set of messages and to collect their individual characteristics. Training of classification holds exactly one place of a code.

### **Listing 3. Training nltk.NaiveBayes classifier**

```
def classify_reuters(self):  
    ...  
    training_set = []  
    for item in rss_items:  
        features = item.features(top_words)  
        tup = (features, item.category) # tup is a 2-element tuple  
        featuresets.append(tup)  
    classifier = nltk.NaiveBayesClassifier.train(training_set)
```

One of the methods to distinguish interrelations between words is to join in a set of parameters widespread phrases from two (bigrams) and three words (trigrams). In NLTK there is a support of these opportunities in the form of functions `nltk.bigrams(...)` and `nltk.trigrams(...)`. Just at the library chose from all data set N of the most often found words, it can identify the most popular two and three-word phrases and use them as parameters.

### **The Algorithm k-NearestNeighbours**

The most demanded algorithm for creation of the recommendations is the algorithm k-NearestNeighbour. This algorithm creates the list of categories and compares to each category a set of information and data. Then defining coinciding elements, algorithm compares a set of data. A set of information is provided by a set of numerical values. The algorithm kNN issues the whole set of guidelines with degrees, on the basis of sets of scientific texts. In the work as processing of tapes of RSS, the values of tags coincided with categories, and processing of scientific texts represents work with massive values for 1000 often found words. Creating of each word in the massif of value can represent the Boolean value (0 or 1), frequency of occurrence of words as a percentage or in figures, exponential expression from frequency or will be defined by other value. For tools of the developer the Python programming language is a laconic and powerful language. It well realizes machine learning, processes a natural language.

Tokenization Function in Python. Tokenization is called a division of data into small parts, i.e. tokens. Words and punctuation signs belong to tokens. Texts are represented in the form of massif of nec-

essary words. Then in massif of significant words we make cleaning regarding signs of a punctuation and non-significant words.

#### **Listing 4. The Functions of Tokenization**

```
# -*- coding: utf-8 -*-
import nltk
import string
from nltk.corpus import stopwords
def tokenize_me(file_text):
    #firstly let's apply nltk tokenization
    tokens = nltk.word_tokenize(file_text)
    #let's delete punctuation symbols
    tokens = [i for i in tokens if ( i not in string.punctuation )]
    #deleting stop_words
    stop_words = stopwords.words( 'kazakh' )
    stop_words.extend(['не', 'мынау', 'солай', 'онда', 'болу',
'қалай', 'мен', '—', 'оған', 'ал'])
    tokens = [i for i in tokens if ( i not in stop_words )]

#cleaning words
    tokens = [i.replace("«", "").replace("»", "") for i in tokens]
    return tokens
```

A standard function from Python library – nltk word\_tokenize() was used for work many languages, but we needed only the Russian and Kazakh languages. The following step we destroy punctuation mark, checking each word string.punctuation. Next a set of auxiliary words in the Russian and Kazakh languages we import to word stop from library for work with nature languages NLTK. Having removed from the scientific text all significant words and punctuation marks in a final stage, we receive the list of words- the necessary terms for further processing. On machine learning similar systems are implemented on Python with library for works with scientific texts NaturalLanguageToolkit (NLTK) and their classifications.

## References

1. *Moraes R., Valiati J.F., Gavião Neto W.P.* Document-level sentiment classification: An empirical comparison between SVM and ANN. *Expert Systems with Applications*. 2013, no. 40, pp. 621–633.
2. *Pontiki M., Galanis D., Pavlopoulos J., Papageorgiou H., Androutsopoulos I., Manandhar S.* SemEval-2014 Task 4: Aspect based sentiment analysis. *Proc. 8th Int. Workshop on Semantic Evaluation (SemEval 2014)*. Dublin, Ireland, 2014, pp. 27–35.
3. *Medhat W., Hassan A., Korashy H.* Sentiment analysis algorithms and applications: A survey. *Ain Shams Engineering Journ.* 2014, no. 5, pp. 1093–1113.
4. *Polyakov I.V., Sokolova T.V., Chepovsky A.A., Chepovsky A.M.* Text classification problem and features set. *Vestn. NGU. Ser.: Informatsionnye tekhnologii* [Novosibirsk State Univ. Journ. of Information Technologies]. 2015, vol. 13, iss. 2, pp. 55–63 (in Russ.).

UDC 004.89

*A.N. Ismukanova<sup>1</sup>, D.N. Lavrov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Sh. Ualikhanov Kokshetau State University, Kokshetau, Kazakhstan*

<sup>2</sup>*Dostoevsky Omsk State University, Omsk, Russia*

## **PYTHON WITH LIBRARY FOR CLASSIFICATION OF SCIENTIFIC TEXTS**

Python is a dynamic programming language. It interprets object-oriented text model. On Python in combination with library for works with natural languages NaturalLanguageToolkit (NLTK) the important component in systems on machine learning is implemented. Python uses standard libraries (for example: NumPy and SciPy) for scientific research, mathematical calculations and also engineering decisions. Standard manager of packages in Python is Python Package Index (pip). This program is used for addition of libraries in a program system.

“Pininstallnltk” is a command for adding NLTK library in our program. Command “Pip freeze” is used to display the list of libraries in the program.

In Python command “virtualenv” is used for creation of the separate environment, the instrument of execution of programs, including certain instructions Python and sets of libraries. Creating virtual environment for execution of the program, we add the following libraries: feed parser, numpy, scipy, NLTK.

### **Categories in Python and NLTK**

In the beginning it is necessary to process imitating news feeds RSS, to analyze scientific information with the help of Naive Bayes Classifier and to clarify them on category by means of an algorithm kNN. Then we turn on NLTK.

NLTK is an excellent library for processing texts in natural languages, the ready – loaded sets of basic data in the form of the “body” and also program interfaces for convenient access to these data are applied to it. To install the “body”, you need to execute the command provided below, more than 10 000 news messages will be loaded into your catalog ~/nltk\_data/corpora/. Categorized data are suitable for imitation of a news feed.

### **Listing 1. Import of NLTK**

```
$python .....# we enter an interactive cover  
>>> importnltk .....# we import library NLTK  
>>>nltk.download().....# we start the loader and we enter "d"  
Identifier>reuters.....#.we specify the "body".
```

The file nltk\_/data/corpora/reuters/cost.txt. contains the list of names of files with notes and also the categories appointed to each of files.

There is a problem of often-used, but actually non-significant words such as articles, conjunctions and prepositions. These auxiliary words complicate work. So, a natural language is rather various and it needs cleaning before work. Python and NLTK allow by means of a method "normalized-words" from RssItem to exclude all these non-significant words. In particular NLTK cleans the crude text of articles from the built-in tags by means of only one line of a code. Besides, by means of regular expression it is carried out removals of a punctuation, then the text is divided into words and is transferred to a lower "body".

## Listing 2. Class RssItem

```
class RssItem:
...regex = re.compile('[%s]' % re.escape(string.punctuation))
...defnormalized_words(self, article_text):
words = []
oneline = article_text.replace('\n', ' ')
cleaned = nltk.clean_html(oneline.strip())
toks1 = cleaned.split()
for t1 in toks1:
translated = self.regex.sub("", t1)
toks2 = translated.split()
for t2 in toks2:
t2s = t2.strip().lower()
if self.stop_words.has_key(t2s):
pass
else:
words.append(t2s)
returnwords
```

The list of auxiliary words are from NLTK in one line and also other natural languages are supported.

NLTK.corpus.stopwords.words("kazakh ").

NLTK provides several classes of the morphological analysis for further normalization of words.

## References

1. *Moraes R., Valiati J.F., Gavião Neto W.P.* Document-level sentiment classification: An empirical comparison between SVM and ANN. *Expert Systems with Applications*. 2013, no. 40, pp. 621–633.
2. *Pontiki M., Galanis D., Pavlopoulos J., Papageorgiou H., Androustopoulos I., Manandhar S.* SemEval-2014 Task 4: Aspect based sentiment analysis. *Proc. 8th Int. Workshop on Semantic Evaluation (SemEval 2014)*. Dublin, Ireland, 2014, pp. 27–35.
3. *Medhat W., Hassan A., Korashy H.* Sentiment analysis algorithms and applications: A survey. *Ain Shams Engineering Journ.* 2014, no. 5, pp. 1093–1113.
4. *Polyakov I.V., Sokolova T.V., Chepovsky A.A., Chepovsky A.M.* Text classification problem and features set. *Vestn. NGU. Ser.: Informatsionnye tekhnologii* [Novosibirsk State Univ. Journ. of Information Technologies]. 2015, vol. 13, iss. 2, pp. 55–63 (in Russ.).



**Т.А. Фомичева**

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

## **ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ЗАДАЧ КОНТЕНТНОГО СБОРА ДАННЫХ**

Сбор сетевых данных и сетевой анализ помогают определять модели взаимодействия между социальными единицами: людьми, коллективами, организациями и т. д. Поэтому в настоящее время существует необходимость решать задачу классификации пользователей интернет-ресурсов, а также создавать модель, дающую достоверные результаты анализа.

Машинное обучение – обширный подраздел искусственного интеллекта, изучающий методы построения алгоритмов, способных обучаться. Задача обучения подразумевает наличие некоторого множества объектов  $X$  и множества ответов  $Y$ . Подразумевается существование некоторой функции  $y$ , однозначно ставящей в соответствие объекту из  $X$  некий ответ из множества  $Y$ .

$y: X \Rightarrow Y$  – неизвестная зависимость

Пусть дано некоторое конечное множество точек из  $X$ , а также множество известных ответов:

$\{x_1, \dots, x_l\} \subset X$  – обучающая выборка

$y_1, \dots, y_l$  – известные ответы  $y_i = y(x_i)$ ,  $i = 1, \dots, l$

Задача машинного обучения состоит в том, чтобы выявить целевой закон, найти такую функцию  $a$ , которая бы аппроксимировала функцию  $y$ :

$a: X \Rightarrow Y$  – алгоритм, решающий функцию, приближающий  $y$  на всем множестве  $X$  (не только на обучающей выборке)

Нейронные сети являются универсальным средством аппроксимации функций, что позволяет их использовать в решении задач классификации. Как правило, нейронные сети оказываются наиболее эффективным способом классификации, потому что генерируют фактически большое число регрессионных моделей (которые используются в решении задач классификации статистическими методами).

Множество рассматриваемых объектов зачастую сложно устроено, для каждого объекта можно выделить множество признаков, которые в некоторой мере описывают этот объект.

$f_j: X \Rightarrow D_j$  – признаки объектов

Вначале нужно понять, какие признаки будут характерными для объектов в будущей модели. Важно при этом не упустить основополагающие признаки, описывающие объект, а также создать жесткие критерии для принятия решения о признаке. Можно выделить следующие категории вопросов, относящиеся к признаку к той или иной категории:

- Бинарные  $\{0,1\}$ , ответом на которые является: Да или Нет (1 или 0).
- Категориальные ( $D_j < \infty$ ), ответом на которые является конкретный класс. Обычно классов больше двух (мультикатегориальные), иначе вопрос можно свести к булевому.
- Количественные ( $D_j = \mathbb{R}$ ), ответами на которые являются числа, характеризующее конкретную меру.

В общем случае данные необязательно должны быть числовыми. Дело в том, что при построении модели нужно понимать, с какими типами вопросов алгоритм может иметь дело. Однако нейросеть принимает только числовые входные данные и обучается лишь на количественных признаках. Данные ограничений преодолимы – просто нужно правильно подготовить данные.

После того, как данные собраны, необходимо представить их в формате, пригодном для обучения модели. Таким образом, описание объекта из пространства  $X$  сводится к признаковому описанию:

$(f_1(x), \dots, f_n(x))$  – признаковое описание объекта  $x$

Если рассматривать все объекты в целом, то используется матрица «объекты-признаки»:

$$F = \begin{bmatrix} f_1(x_1) & f_2(x_1) & \dots & f_n(x_1) \\ f_1(x_2) & f_2(x_2) & \dots & f_n(x_2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ f_1(x_l) & f_2(x_l) & \dots & f_n(x_l) \end{bmatrix}$$

Матрица «объекты – признаки»  $F$  является математическим описанием исходных данных об объектах обучающей выборки, которые подаются на вход алгоритмам обучения.

Представленные таким образом данные пригодны для использования алгоритмом машинного обучения на основе нейронной сети. Это дает возможность более гибко настраивать архитектуру и параметры обучения.

### Литература

1. *Стариков А.* Применение нейронных сетей для задач классификации. URL: <https://basegroup.ru/community/articles/classification> (дата обращения: 19.10.2018).
2. *Стариков А.* Нейронные сети – математический аппарат. URL: <https://basegroup.ru/community/articles/math> (дата обращения: 19.10.2018).
3. *Хайкин С.* Нейронные сети: полный курс. 2-е изд. М.: Вильямс, 2006.

УДК 004.418

*Д. Есжан, Н.В. Астапенко*

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

## **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ВНЕДРЕНИЯ WEB-САЙТА ПРЕДПРИЯТИЯ ТОО «ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ДОМ «ӨЗІНШЕ»**

Несмотря на то, что есть другие хорошо зарекомендовавшие себя проверенные способы рекламы фирмы (телевидение, радио,

СМИ, баннеры, флаеры и тому подобное), многие предприниматели понимают, что им даст создание собственного сайта и размещение его в Интернет. У любой современной компании существует сайт, и это не только один из элементов престижа, но и способ заявить о фирме, заполучить потенциальных клиентов. Сегодня если у фирмы нет хотя бы одностраничника с прайсом, она покажется подозрительна – насколько же это неуспешная фирма, если не может создать даже небольшой web-ресурс?

В Петропавловске открыли образовательный дом под названием «Өзінше». С перевода на русский язык «Өзінше» означает «по-своему». Центр был создан тремя предпринимателями из Петропавловска, Кокшетау и Астаны. В образовательном доме «Өзінше» детей обучают «по-своему» английскому языку, вокалу, арифметической грамотности, робототехнике, скоростной сборке кубика Рубика, проводить подготовку к школе и обучению в зарубежных университетах. Современная школа полезна для малышей от года до взрослых, без возрастных ограничений, желающих повысить свой языковой уровень.

Д. Есжан, как руководитель ТОО «Образовательный дом «Өзінше», принял решение о необходимости создания web-сайта, способствующего популяризации программ образовательного дома среди населения и в целом развитию бизнеса.

Необходимо понимать, что ни один другой ресурс не даст столько преимуществ, сколько собственный сайт. Web-сайт предприятия ТОО «Образовательный дом «Өзінше» предназначен как для клиентов, которые хотят записаться на курс обучения или купить абонемент, так и для тех, кто желает ознакомиться с методикой обучения и с компанией в целом.

В соответствии с назначением web-сайта, реализованы основные разделы: «Курсы», «Новости», «Абонемент» и «Контакты». На стартовой дается краткое описание предлагаемых компанией курсов, а также краткое описание последних новостей компании, форма на подачу заявки на бесплатное занятие. Раздел «Курсы» знакомит посетителей с направлениями курсов, давая им информацию о качествах, приобретаемых после прохождения курса, о получении различных сертификатов, о сроках освоения курса и о методике курса. На странице данного раздела разме-

цена кнопка с ссылкой на покупку абонемента на тот или иной курс. В разделе «Абонемент» приведена информация о договоре заключаемым с компанией в случае покупки абонемента. Здесь же размещен список абонементов, цены абонементов. Раздел «Контакты» имеет адреса компании, рабочие часы и выходные дни, расположение на Google Maps, телефоны: городские, мобильные, электронный адрес, фотографии офиса, здания, сотрудников, ссылки на страницы в социальных сетях, логины в мессенджерах: Telegram, WhatsApp, контакты и имен руководителей и сотрудников.

Анализ потока посетителей до и после внедрения сайта показал следующие результаты, представленные на рис. 1 и 2.



Рис. 1. Динамика количества постоянных клиентов



Рис. 2. Динамика состава постоянных клиентов

Для предприятия ТОО «Образовательный дом «Өзінше» был разработан web-сайт, внедрение которого в течении трех месяцев увеличило количество постоянных клиентов на 28 %, что доказывает эффективность и значимость проекта.

*Д.М. Суходолов, А.А. Крыловецкий*

*Воронежский государственный университет, г. Воронеж, Россия*

## **МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ, ЦВЕТОВЫЕ И ТЕКСТУРНЫЕ ПРИЗНАКИ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КЛАССИФИКАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЗЁРЕН МЕТОДАМИ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ**

Одной из наиболее актуальных проблем современного общества является производство необходимого количества продовольственных товаров надлежащего качества. В частности, для контроля чистоты зерновой смеси в настоящее время часто используются технологии компьютерного зрения, позволяющие проводить классификацию и распознавание изображений [1].

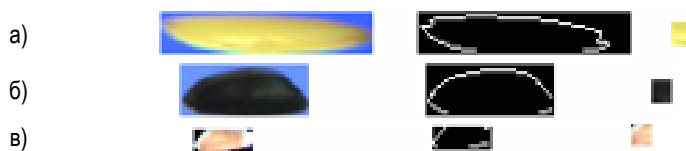
Для решения задачи на основе методов машинного обучения необходимо сформировать вектор признаков изображения. Морфологические особенности иллюстрируют внешнюю оболочку объекта. Современные алгоритмы могут извлекать морфологические признаки, описывающие базовые характеристики размера: площадь, периметр, центр тяжести, длину, ширину и так далее [2]. Цветовые дескрипторы вычисляются по цветному изображению объекта и включают в себя средние значения, дисперсии, диапазоны, моменты и гистограммы цветов RGB. Текстурные характеристики описывают распределение цвета в изображении относительно пространственных координат, т. е. позволяют учесть не только распределение яркостей, но и относительное расположение пикселей в изображении. Текстурные дескрипторы должны описывать такие свойства изображения, как плавность изменения цвета, хаотичность и нерегулярность [3].

Комбинации морфологических, цветовых и текстурных особенностей изображения могут быть использованы для построения вектора признаков исследуемых изображений и разработки эффективных систем машинного зрения [4]. В алгоритмах на основе сверточных нейронных сетей формирование карт признаков про-

исходит в процессе обучения. Возникает вопрос о том, какой вклад при этом вносят различные особенности изображений зерен.

Изображения элементов зерновых смесей (красного льна, зелёного льна, маша, нута, подсолнечника, пшеницы обычной, пшеницы красной, пшеницы стекловидной, свёклы, чечевицы, ячменя и кедра) для проведения исследований были предоставлены «Воронежсельмаш».

Для проведения вычислительных экспериментов были выбраны нейронные сети VGG19, VGG16 и MobileNet. В ходе доработки исходной выборки данных создавались искусственные объекты, сохранившие только морфологические или цветовые и текстурные признаки (рис.).



Визуализация исходного изображения, его контура и текстуры соответственно для отдельных элементов выборки:

(а) зерно кедра, (б) зерно подсолнечника, (в) зерно красной пшеницы

Для объектов, обладающих только морфологическими характеристиками, средняя точность классификации для всех рассмотренных архитектур нейросетей составила 60 %.

Средняя точность для фрагментов, несущих в себе информацию о текстуре и цвете, размером 3x3 пикселя составила около 74 %, для объектов 5x5 – 79 %, для 7x7 – 86 %, а для 9x9 – порядка 90 %. Таким образом, точность распознавания увеличивается с ростом размера изображения и, соответственно, объема содержащейся в изображении информации.

Учитывая то, что средняя точность классификации на исходной выборке, содержащей в себе признаки всех типов, равняется 94 %, то можно отметить, что текстурные и цветовые характеристики являются более важными в сравнении с контурными для решения задачи классификации методами глубокого обучения с помощью рассмотренных нейронных сетей. Также можно сделать вывод о перспективности разработки алгоритмов и про-

граммного обеспечения на основе глубокого обучения для поточкового распознавания зёрен в фотосепараторах.

### **Литература**

1. *Crowe T.G., Luo X.Y., Jayas D.S., Bulley N.R.* Color line-scan imaging of cereal grain kernels // *Applied Engineering in Agriculture*. 1997. № 13 (5). P. 689–694.
2. *Paliwal J., Visen N.S., Jayas D.S., White N.D.G.* Cereal grain and dockage identification using machine vision // *Biosystems Engineering*. 2003. № 85(1). P. 51–57.
3. *Majumdar S., Jayas D.S.* Classification of cereal grains using machine vision. III. Texture models // *Transactions of the ASAE*. 2000. № 43 (6). P. 1681–1687.
4. *Sun D.* *Computer Vision Technology for Food Quality Evaluation*. Academic Press: Elsevier, 2016. 635 p.

УДК 51-74

***С.В. Поташикова<sup>1</sup>, С.В. Синегубов<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup>Воронежский институт ФСИН России, г. Воронеж, Россия*

*<sup>2</sup>Воронежский институт МВД России, г. Воронеж, Россия*

### **МОДЕЛЬ ЗАЩИТЫ ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ, РАЗМЕЩЕННЫХ НА КОМПЬЮТЕРЕ**

Обеспечение защиты персональных данных, несомненно, является актуальной задачей в современном индустриальном мире, решение которой в каждом отдельном случае представляет собой достаточно сложный процесс. В данном случае, создаваемые модели защиты информации, не являются универсальными. Предлагается обобщенная модель, позволяющая описать изучаемый процесс.

Рассмотрим задачу: необходимо обеспечить защиту данных, размещенных на компьютере.

Данную задачу можно решить, используя программные и одновременно организационные мероприятия. Введем обозначения:



$A = \{a_1, \dots, a_m\}$  – множество всех возможных программных средств, обеспечивающих защиту данных на компьютере;

$B = \{b_1, \dots, b_n\}$  – множество всех возможных организационных мероприятий по защите данных на компьютере;

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{если используется } i\text{-е программное обеспечение;} \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{если применяется } i\text{-е организационное мероприятие;} \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases}$$

$W$  – возможное количество одновременно используемых программных средств;

$Q$  – возможное количество одновременно применяемых организационных мероприятий;

$c_{ij}$  – стоимость применяемых программных средств  $i$ -го типа и  $j$ -го организационного мероприятия;

$C$  – максимально возможные затраты;

$p_{ij}$  – коэффициент надежности при использовании программного обеспечения  $i$ -го типа и  $j$ -го организационного мероприятия (данный коэффициент можно определить например, используя метод анализа иерархий).

Количество всех возможных действий по защите информации на компьютере представляет декартово произведение

$$N \subset A \times B.$$

Тогда, задача оптимизации обеспечения информации должна решаться в условиях следующих ограничений:

– на количество программных средств  $i$ -го типа

$$\sum_{i=1}^k x_i \leq W, \quad k \in Z^+;$$

– на количество организационных мероприятий  $i$ -го типа

$$\sum_{i=1}^k y_i \leq Q, \quad k \in Z^+;$$

– на затраты по защите информации

$$\sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^d c_{ij} \cdot (x(a_i) + y(b_j)) \leq C;$$

– на значения переменных

$$x_i \in \{0, 1\}, y_j \in \{0, 1\}, i, j = 1, 2, \dots$$

Задача нахождения оптимального набора действий по защите информации, размещенной на компьютере, принимает следующий вид:

найти

$$C^* = \text{Arg max}_{i,j} P_{ij},$$

где  $P_{ij} = p_{ij}(\{A\}, \{B\})$ .

### Литература

1. *Dumachev V.N., Orlov S.V.* Cloning of qubits of a quantum computer // Journal of Experimental and Theoretical Physics Letters (JETP Letters). 2002. Vol. 76. № 7. P. 481–483.
2. *Копылов А.Н., Солодуха Р.А., Перминов Г.В.* Определение объема репрезентативной выборки в целях получения трасологической статистики стеганографических программ // Охрана, безопасность, связь. Воронеж, 2011. С. 138–140.
3. *Копылов А.Н., Бухарин С.В.* Алгоритм моделирования нормального дискретного белого шума на ЭВМ // Актуальные вопросы проектирования и эксплуатации средств охраны и защищенных коммуникационных систем. Воронеж, 2000. С. 76–77.
4. *Копылов А.Н.* Использование алгоритмов поиска ассоциативных правил для выявления аномальных событий // Общественная безопасность, законность и правопорядок в III тысячелетии. Воронеж, 2014. С. 78–80.
5. *Синегубова С.В.* Проектирование структуры и управление технологическим оснащением многономенклатурного производства в системе CALS: дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2001.

***В.Е. Чирков***

*Воронежский институт МВД России, г. Воронеж, Россия*

## **СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АНАЛИЗА ЗАЩИЩЕННОСТИ ПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ**

Обеспечение качественной и надежной связи является одним из наиболее приоритетных направлений для коммерческих и государственных структур. Однако возникает вопрос, связанный с обеспечением безопасности информации передаваемой по сетям различного типа.

Обеспечение информационной безопасности является приоритетным направлением для любой организации, так же оно включает в себя ряд сложностей и является дорогостоящим и ресурсоемким процессом. Поэтому для обеспечения информационной безопасности эффективно использовать имитационное моделирование.

Началом имитационного моделирования является построение модели оценки защищенности проводных сетей связи. Основу построения данной модели составляет ориентированный граф, описываемый в виде системы представляющей собой марковский процесс. В виду значительного количество входных параметров на рисунке приведен фрагмент разработанной модели для телефонной сети связи.

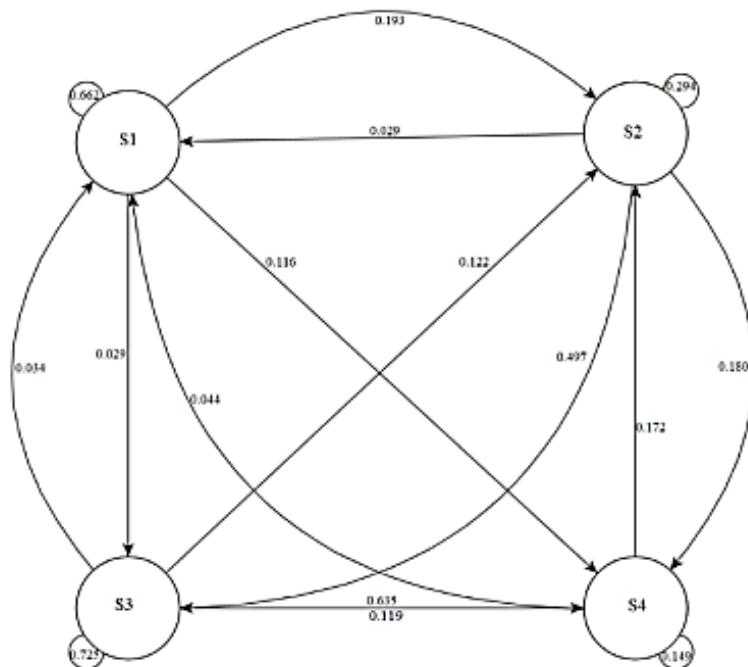
Опишем состояния в которых может находится линия связи учитывая различные типы воздействий:

S1 – Состояние, при котором система работает в штатном режиме, т. е. исключая потерю, искажение или перехват передаваемой информации.

S2 – Состояние, характеризующееся наличием в линии связи посторонних шумов (преднамеренные и непреднамеренные), ведущих к нарушению целостности информации.

S3 – Состояние, которое характеризуется неполадками в контактных соединениях линии. Наличием коррозионных соеди-

нений, плохой контакт на клеммах телефонной линии, или же обрыв линии, приводящие к полному или частичному нарушению ее работоспособности.



Ориентированный граф состояний системы

S4 – Характеризуется нарушением конфиденциальность передаваемой информации. Так, например, перехват информации с обычных абонентских двухпроводных телефонных линий может осуществляться или путем непосредственного контактного подключения к линиям, или с использованием простых малогабаритных индуктивных датчиков, подключаемых к одному из проводов абонентской линии.

Таким образом, в системе протекает марковский процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем, описываемый системой дифференциальных уравнений

$$\frac{dp_k(t)}{dt} = \sum_{i=1}^n p_{ki}(t; \Delta t) \cdot p_i(t) =$$

$$= \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^n p_{ik}(t; \Delta t) \cdot p_i(t) - \left( \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq k}}^n p_{ki}(t; \Delta t) \right) \cdot p_k(t).$$

Полученная структурно-параметрическая модель является основой имитационной модели. Для дальнейшей разработки имитационной модели необходимо имеющуюся модель анализа защищенности проводных сетей связи преобразовать в сеть Петри.

### Литература

1. *Меньших В.В., Петрова Е.В., Толстых О.В.* Математические модели защищенных информационных систем органов внутренних дел: монография. Воронеж: Воронеж. ин-т МВД России, 2016. 168 с.
2. *Синегубов С.В., Поташикова С.В.* Оценка вероятностей переходов при описании функционирования систем марковскими процессами // Вестник Воронежского института МВД России. 2016. № 3. С. 73–78.

УДК 65.012.810+004.056.53

**С.В. Усов**

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

## МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧ О НАЗНАЧЕНИИ РОЛЕЙ

Ролевая модель разграничения доступа [1] базируется на идее разбиения множества субъектов на классы, называемые ролями, такие, что каждой роли приписывается определенный набор привилегий (или полномочий). Каждая привилегия, если подходить с точки зрения дискреционной политики безопасности, представляет собой предзаданный набор прав на определен-

ные объекты. Пользователь получает соответствующий роли набор полномочий при авторизации на эту роль.

Проблема утечки прав доступа – ключевая проблема в направлении изучения моделей безопасности компьютерных систем. В случае ролевой модели ее можно интерпретировать как проблему утечки полномочий или же ролей.

Рассматриваются две постановки задачи о назначении ролей в рамках ролевой политики разграничения доступа. В рамках задачи требуется назначить набор ролей пользователю таким образом, чтобы его потребности в полномочиях были удовлетворены, при этом ущерб, наносимый информационной системе вследствие возможной утечкой ролей или полномочий был бы минимальным.

Первая задача: Дана компьютерная система с ролевым разграничением доступа. Множества ролей и привилегий, а также иерархия ролей заданы. Для каждого субъекта определен необходимый и достаточный набор полномочий, который ему потребуется в рамках функционирования в компьютерной системе. Также считаем известным ущерб от нарушения безопасности системы по причине утечки роли.

Требуется определить, какой набор ролей сопоставить каждому субъекту, чтобы его потребности в полномочиях были удовлетворены, а связанный с утечкой этих ролей ущерб был бы наименьшим.

В рамках данной задачи фактически требуется минимизировать ущерб, который может быть нанесен информационной системе в результате успешного перехвата ролей, назначенных субъекту, со стороны третьих лиц.

Вторая задача основана на тех же исходных данных, что и первая, за исключением того, что вместо ущерба по причине утечки роли известным считается ущерб от нарушения безопасности системы по причине утечки полномочия.

Требуется определить, какой набор ролей сопоставить каждому субъекту, чтобы его потребности в полномочиях были удовлетворены, а ущерб связанный с утечкой полномочий, полученных субъектом, но не являющихся необходимыми для его работы в системе, был бы наименьшим.

В данном случае требуется минимизировать ущерб информационной системе, который может произойти за счет того, что субъект, которому назначаются роли, воспользуется входящим в этот набор ролей правом доступа, которое не требуется для непосредственного исполнения его обязанностей.

В рамках данной работы обе задачи получили интерпретацию в виде целочисленных задач линейного программирования. Был предложен алгоритм решения каждой из задач, эксплуатирующий симплекс-метод с использованием отсечений. Сформулировано и доказано утверждение о разрешимости каждой из задач.

**Теорема.** Задачи о назначении ролей в представленных выше формулировках разрешимы если и только если множество необходимых пользователю полномочий покрывается семейством множеств полномочий, отвечающих ролям, которые могут быть назначены пользователю.

Исходные данные для задач, такие как оценка ущерба по причине возможной утечки полномочий или ролей, могут быть получены, например, методами, описанными в работе [2].

### **Литература**

1. *Ferraiolo D.F., Kuhn D.R.* Role-Based Access Control. – 15th National Computer Security Conference, p. 554–563, October 1992.
2. *Bogachenko N.F., Usov S.V.* On the estimation of the damage from the leakage of permissions in a role-based security model. – CEUR Workshop Proceedings, 7 p, 2017.

*Д.М. Бречка, Г.Н. Иванюк*

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

## **РАЗРАБОТКА ГЛУБОКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И АНАЛИЗА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ТЕКСТОВ**

С использованием библиотеки TensorFlow [1; 2] на языке Python была написана нейронная сеть [3] для реализации следующей цели – анализа и распознавания потенциально опасных текстов, которые содержатся в сети Интернет. Поскольку к материалам экстремистского, суицидального и прочего опасного характера доступ запрещен законодательно, то обучение нейросети происходит на абстрактных данных. Эти данные разбиваются на две категории: «хорошую» и «плохую». «Хорошие» тексты обладают некоторым признаком, образуя определенную тональность (в нашем случае, предположительно, экстремистские тексты), «плохие» тексты обозначенным признаком не обладают (в рамках поставленной задачи, предположительно, являются безопасными и не несут информационного вреда).

Прикладная составляющая делится на два компонента:

- 1) создание программы, которая формирует входные данные должным для обработки нейросетью образом;
- 2) написание кода нейросети, которая обрабатывает сформированные входные данные и обучается.

Первый этап заключается в следующем – на вход программе передаются два файла, в которых содержатся абзацы некоторых текстов. В одном файле тексты «хорошие», то есть обладающие признаком, который выделил пользователь. В другом – «плохие» тексты, данным признаком не обладающие. Из обоих файлов берутся слова, и формируется общий лексикон. Далее каждый абзац превращается в вектор с координатами – частотам



встречаемости слов лексикона в нем. К этому вектору добавляется вектор-метка, показывающая, «хорошим» или «плохим» является данный кусок текста (из «хорошего» или «плохого» файла он берется). Полученные элементы перемешиваются, из них составляются тренировочные и тестовые сборки.

На втором этапе полученные ранее сборки передаются нейросети, которая выполняет задачу классификации и с некоторой вероятностью определяет, является ли обрабатываемый текст «хорошим» или «плохим». Нейронная сеть состоит из трех скрытых слоев по 1500 нейронов в каждом [4]. В качестве функции активации используется функция ReLU. Для вычисления средней ошибки используется метод перекрестной энтропии, для минимизации ошибки – стохастический градиентный спуск [5].

Входные данные заносятся в два текстовых файла по 1000 строк (размер может быть изменен для достижения наиболее эффективного результата), в качестве тренировочных текстов выступали статьи на спортивную тематику и статьи, таковыми не являющиеся. После обучения на тестовых выборках был показан результат приблизительно в 70–80 % точности. С такой вероятностью нейросеть правильно распознает тональность обрабатываемого текста. В качестве определяемого признака можно выбрать любой подходящий и производить обучение с ним.

Таким образом, настоящую нейронную сеть можно использовать для решения обозначенной проблемы обеспечения и сохранения безопасности пользователей сети Интернет путем выявления текстов потенциально опасного характера и их удаления.

## Литература

- 1 TensorFlow Develop. URL: <https://www.tensorflow.org/tutorials/> (дата обращения: 12.05.2018).
- 2 Hello, TensorFlow! Building and training your first TensorFlow graph from the ground up. URL: <https://www.oreilly.com/learning/hello-tensorflow> (дата обращения: 12.05.2018).
- 3 Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. М.: Вильямс, 2006.
- 4 МакКалок У., Питтс У. Логические исчисления идей, относящихся к нервной деятельности // Автоматы: сборник статей / под ред. К.Э. Шеннона, Дж. Маккарти. М.: Изд-во иностр. лит., 1956.
- 5 Ketkar N. Deep Learning with Python. A Hands-on Introduction. New York: Apress, 2017.

*Т.А. Дейнеко*

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

## **ПЕРЕХОД К АВТОМАТИЗИРОВАННОМУ СОСТАВЛЕНИЮ РАСПИСАНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА В ОмГУ**

Составление расписания – распространенная задача при планировании учебного процесса в учебных заведениях. От того, насколько хорошо составлено расписание, зависит эффективность работы преподавателей, усвоение учебного материала студентами, рациональное использование материальных ресурсов. Особое значение придается автоматизации этого процесса в период проведения аккредитации вуза.

Автоматизация составления расписания – классическая задача в системах управления учебным заведением, однако до сих пор нет единого способа решения этой задачи.

Рассмотрим процесс составления расписания на примере ОмГУ им. Ф.М. Достоевского.

В нашем вузе эту задачу решает учебный отдел, осуществляющий организацию образовательного процесса. Диспетчеры учебных корпусов занимаются составлением расписания занятий для всех категорий студентов и аспирантов всех форм обучения на основании рабочих учебных планов и учебной нагрузки преподавателей. При составлении должны учитываться загрузка аудиторий и их тип, предпочтения преподавателей, ограничения для учебных групп и пр. Готовые расписания должны размещаться на официальном сайте университета [omsu.ru](http://omsu.ru) и информационных стендах.

В своей работе диспетчеры используют средства Microsoft Office и печатные сервисы, до 2018 года в нашем вузе не было автоматизированной системы для составления расписания, все работы проводились диспетчерами вручную на бумажных носителях.

После обследования предметной области была построена функциональная модель составления расписания учебного процесса с использованием методологии IDEF0.

Необходимость в приобретении соответствующего программного обеспечения особенно остро назрела в преддверии предстоящей в этом году аккредитации нашего вуза.

В настоящее время на рынке представлены различные по функционалу и стоимости автоматизированные системы для составления расписания в вузах: «1С: Автоматическое составление расписания. Университет» [1], «АВТОРасписание» [2], «БИТ. ВУЗ. Расписание» [3], «Галактика. Расписание учебных занятий» [4], «Экспресс-расписание. ВУЗ» [5] и другие. Каждая такая система имеет свои особенности, достоинства и недостатки.

После сравнения продуктов выбор был сделан в пользу «1С: Автоматическое составление расписания. Университет». В течение августа и сентября этого года был изучен функционал системы, отработаны варианты ручного заполнения расписания в соответствии с вариантами, составленными диспетчерами вручную для прошедшего весеннего семестра.

В ближайшее время планируется начать обучение сотрудников учебного отдела работе в системе «1С: Автоматическое составление расписания. Университет» с целью ввода в нее составленного расписания на текущий осенний семестр 2018/2019 учебного года, а затем совместная тестовая отработка различных алгоритмов автоматического составления расписания, предусмотренных в системе.

## **Литература**

1. 1С: Автоматическое составление расписания. Университет. URL: <http://largenumbers.ru/software/> (дата обращения: 17.10.2018).
2. АВТОРасписание. URL: <https://www.mmis.ru/programs/avtor> (дата обращения: 17.10.2018).
3. БИТ. ВУЗ. Расписание. URL: <http://www.pulsar.ru/progs/1985/> (дата обращения: 17.10.2018).
4. Галактика. Расписание учебных занятий. URL: <https://www.galaktika.ru/ruz/o-sisteme> (дата обращения: 17.10.2018).
5. Экспресс-расписание. ВУЗ. URL: [http://pbprog.ru/products/programs.php?SECTION\\_ID=98&ELEMENT\\_ID=380](http://pbprog.ru/products/programs.php?SECTION_ID=98&ELEMENT_ID=380) (дата обращения: 17.10.2018).

*А.Н. Мироненко*

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

## **АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ВРЕДОНОСНЫХ ВСТАВОК В ANDROID ПРИЛОЖЕНИЯХ**

На сегодняшний день мобильные устройства есть практически у каждого и согласно данным большинства аналитиков, наибольшей популярностью пользуются устройства под управлением операционной системы Android [1]. Поэтому, можно с большой уверенностью говорить о том, что именно данная ОС, в силу ее распространенности, наиболее подвержена атакам. Кроме того, если учитывать факт того, что на мобильных устройствах может содержаться огромное количество разнообразной конфиденциальной информации начиная с телефонной книги, личных фото и заканчивая банковской информацией, то защита мобильных устройств становится крайне важной.

Базы данных антивирусных приложений содержат десятки миллионов образов вирусов, но проанализировав их можно заметить, что большинство из них являются копиями. При этом оригинальные вирусы – это различные комбинации однотипных функциональных блоков [2]. Можно построить шаблоны функциональных блоков выполняющих вредоносные действия. Для этой цели будем использовать метрики сложности кода. Подобный подход был предложен в работе [3] для определения плагиата.

Алгоритм обнаружения вредоносных вставок:

0. предварительно сформируем базу шаблонов функциональных блоков осуществляющих вредоносное воздействие;
1. вычисляем метрики сложности первых строк проверяемого кода, получаем шаблон  $N$  строк кода;
2. проверяем полученный шаблон на присутствие в базе;
3. если присутствует – вставка обнаружена, если нет – возвращаемся на «шаг 1»;

4. увеличиваем на 1 и повторяем «шаги 2–3».

Начальное значение может быть равно 1, но лучше брать равное количеству строк кода самой «короткой» вставки из базы.

### **Литература**

1. Доли операционных систем Android и iOS за последний год в мире особо не изменились. URL: <https://www.ixbt.com/news/2018/05/03/doli-operacionnyh-sistem-android-i-ios-za-poslednij-god-v-mire-osobo-ne-izmenilis.html> (дата обращения: 18.10.2018).
2. Обзор фрагментов кода самых популярных типов вирусов. URL: <https://hacker.ru/2014/09/18/android-malware-source/> (дата обращения: 18.10.2018).
3. *Мироненко А.Н.* Метод определения заимствований в программном коде с использованием его метрик сложности // Информационная безопасность и защита персональных данных. Проблемы и пути их решения: материалы VIII Всероссийской научно-практической конференции. Брянск, 2016. С. 87–89.

УДК 004.942:621.37

***А.А. Кондюрина***

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

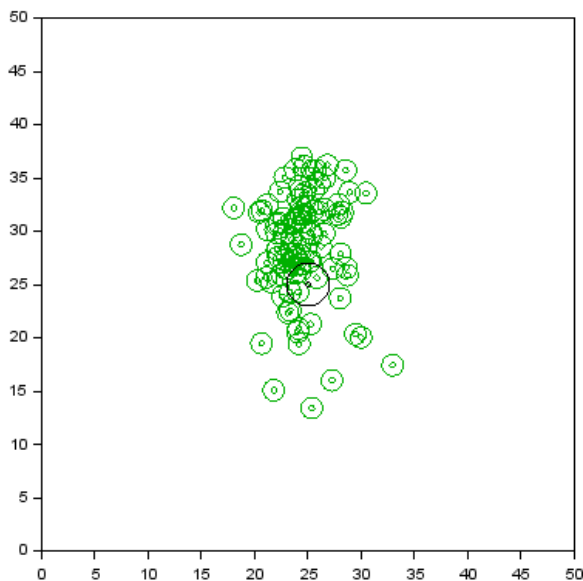
## **АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ НАТУРНОГО И МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЮ БЕСПРОВОДНОЙ ТОЧКИ ДОСТУПА**

В рамках задачи по определению точки доступа модифицированным методом трилатерации после получения данных моделирования [1] была поставлена задача проведения эксперимента на открытой местности с целью сравнения работы алгоритма уже на реальных данных.

Суть эксперимента на открытой местности заключалась в том, что человек с мобильным устройством в руках, выполняющий

роль наблюдателя, двигался по вдоль границы области поиска сначала вдоль граница, соотнесенной с осью ОХ, затем – ОУ. Искомый излучатель располагался в центре исследуемой области.

Были получены результаты, визуализированные на графике (рис.).



Оценки местоположения точки доступа по вычисленным координатам наблюдателя и соотнесенным значениям мощности (искомая точка доступа – окружность в центре (25, 25), окружности меньших диаметров – оценки координат)

Так как вычисленные оценки координат перемещения наблюдателя не показало серьезных отклонений, возникло предположение, что причина подобного разброса заключается в аппаратной реализации модуля сканирования сетей. Также, из-за особенностей доступа к сканированию сетей [2] на мобильном устройстве, нет возможности получать актуальное значение мощности конкретной точки через очень небольшие интервалы времени.

Также было замечено, что на равноудаленных точках уровень сигнала может различаться на 5–10 дБм, такое поведение

приемлемо для стандартного сканирования сетей с целью определения грубой оценки приближенности антенны к наблюдателю. Однако в рамках решаемой задачи такие перепады сильно ухудшают результат.

Результаты эксперимента отличаются в сравнении с результатами моделирования в среднем на 4–5 метров, что объясняется особенностями использованного аппаратного обеспечения, ориентацией диаграммы направленности и реализации. Вывод: необходимо уточнение компьютерной модели по перечисленным параметрам.

### **Литература**

1. *Лавров Д.Н., Кондюрина А.А.* Определение траектории движения приёмника системы обнаружения несанкционированно установленной точки беспроводного доступа // Математические структуры и моделирование. 2017. № 1 (41). С. 75–87.
2. Android XRef Cross Reference: WifiStateMachine.java. URL: [http://androidxref.com/7.0.0\\_r1/xref/frameworks/opt/net/wifi/service/java/com/android/server/wifi/WifiStateMachine.java#1595](http://androidxref.com/7.0.0_r1/xref/frameworks/opt/net/wifi/service/java/com/android/server/wifi/WifiStateMachine.java#1595) (дата обращения: 29.30.2018).

УДК 004.4'23

***Н.В. Коляда, Е.А. Костюшина***

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

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ОмГУ**

В настоящее время информационная система ОмГУ по управлению учебным процессом представляет из себя набор подсистем, между которыми настроена синхронизация данных [2]. Перечислим лишь некоторые из них:

1. Интегрированной информационно-аналитической системы «Учебный процесс» (далее – ИИАС «Учебный процесс»), включающей в себя функционал, реализованный посредством классического приложения и через веб-интерфейс (iias.omsu.ru, eService.omsu.ru).

2. Сайт приемной комиссии abit.omsu.ru, разработанный в CMS DRUPAL.

3. Информационная система WebАбитуриент.

В основе перечисленных информационных систем лежит СУБД Oracle. Расширения функционала информационной системы (ИС) повлекло за собой увеличение категорий пользователей, что в свою очередь привело к росту количества пользователей. Увеличение нагрузки на информационную систему вызвало появление обращений пользователей о недостаточной производительности ИС [3] Кроме того, в базе данных информационной системы ОмГУ накоплены данные, начиная с 2003 года.

Рисунок показывает, что скорость исполнения кода, скорость обмена данными и доступа к ним в разной степени влияет на производительность информационной системы.



Влияние различных факторов на производительность ИС [1]



Многие ИТ-специалисты отмечают, что постепенное снижение производительности является общей проблемой растущих информационных систем любых масштабов, построенных на самых современных платформах. Причины тут могут быть разными, и решать эту проблему также можно различными способами. Единственный неверный выбор – бездействие, ведь сама по себе проблема не решится [1].

Также ИТ-специалисты единодушны в том, что аудит информационной системы должен предшествовать процедуре оптимизации производительности информационной системы. Аудит – это стандартный, но весьма объемный набор процедур, который позволяет локализовать проблемы на различных участках информационной системы. Для проведения аудита используется определенный код, который внедряется в рабочую систему и ведет специальные журналы выполнения различных задач и функций. Аналогичным образом изучают серверы баз данных и системы документооборота. При этом важную роль играет правильная работа пользователей информационной системы, что тоже исследуется.

До настоящего времени проблемы с производительностью ИС ОмГУ решались с помощью изменений параметров настройки СУБД, введения дополнительных индексов и оптимизации запросов. Но эти действия приносят все меньше результатов по ускорению работы пользователей в системе. Поэтому необходимо провести аудит производительности информационной системы вуза. В результате такого аудита необходимо предоставить оценку потенциальной и реальной производительности ИС вуза, локализовать «узкие места», снижающие быстродействие, и разработать пакет рекомендаций по повышению эффективности информационной системы.

## **Литература**

1. *Рычковский О.* Аудит производительности ИТ-систем. URL: <https://www.iemag.ru/analytics/detail.php?ID=34380> (дата обращения 18.10.2018)
2. *Костюшина Е.А., Лантев А.А.* Предложения по решению проблемы интеграции данных и информационных систем ОмГУ им. Ф.М. Достоевского // Математическое и компьютерное моделирование: материалы III Междунар. науч. конф. Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2015.

3. *Костюшина Е.А.* Проблемы сопровождения информационных систем управления вузом // Математическое и компьютерное моделирование: сборник материалов V Междунар. науч. конф. Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2017.

УДК 004.42

*М.Е. Гоглачев, Т.М. Опарина*

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

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ПРОГРАММНОМУ ПРИЛОЖЕНИЮ ДЛЯ СБОРА ИНФОРМАЦИИ О ПОЛЬЗОВАТЕЛЯХ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ**

В результате использования социальных сетей, пользователи оставляют в них огромное количество информации о себе, которую можно использовать для социологических исследований. Программный продукт, позволяющий автоматизировать сбор общедоступной информации из социальных сетей для такого исследования должен иметь следующий необходимый функционал:

1) возможность задать множество пользователей, данные о которых будут собираться, посредством передачи приложению списка ID аккаунтов этих пользователей в сети;

2) возможность задать множество пользователей, данные о которых будут собираться, посредством передачи приложению списка ID групп/сообществ сети. ID аккаунтов участников этих групп/сообществ будут исследуемым множеством;

3) реализовать сбор и запись в базу данных постов и анкетных данных с пользовательских страниц из заданного множества пользователей;

4) реализовать два варианта сбора постов со страниц пользователей:

- сбор и запись в базу данных последних опубликованных постов в количестве, выбираемом оператором приложения;

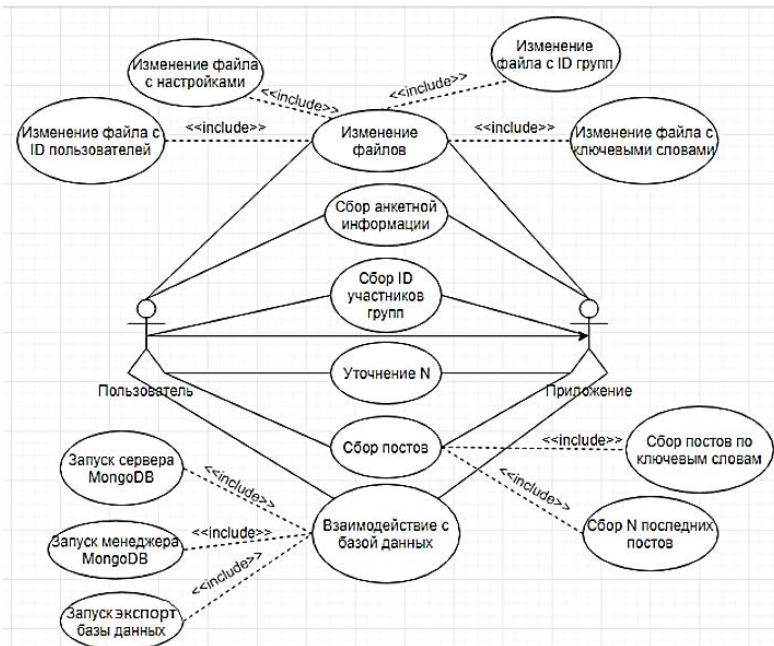
- сбор и запись в базу данных постов содержащих ключевые слова, переданные приложению.

5) обеспечить возможность взаимодействия с СУБД (так как у разных пользователей в сетях, указаны различные наборы информации, то это может привести к проблеме согласованности данных, таким образом во избежание этой проблемы, лучше использовать СУБД с не реляционным подходом, например, Mongo DB):

- запуск сервера базы данных;
- запуск консольного клиента;
- запуск экспорта собранной базы данных;
- вывод на экран собранных данных.

6) реализовать в приложении возможность редактирования множества исследуемых ID аккаунтов пользователей, множества ID групп/сообществ, множества ключевых слов и файла настроек.

Проанализировав функциональные требования к приложению можно определить и UML диаграмму прецедентов (см. рис.).



UML диаграмма прецедентов

*Т.В. Вахний, А.К. Гуц, Г.В. Хейловский*

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

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИГРОВЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАЩИТЫ КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ И СЕТЕЙ**

Рост возможностей вычислительной техники и расширение сферы ее применения сопровождается повышением требований к информационной безопасности не только компьютерных систем, но и информации, передающейся по сетевым соединениям. В настоящее время на рынке представлено огромное разнообразие средств защиты, и администратору безопасности приходится принимать субъективные решения о выборе в пользу тех или иных программных продуктов. С ростом уровня защищённости компьютерной системы и сети могут возникать определённые неудобства, ограничения и трудности для пользователей, связанные с тем, что набор программных средств может потребовать огромное количество ресурсов, приводя к нехватке вычислительной мощности. Поэтому часто необходимо выбирать оптимальный вариант защиты, который бы не создавал больших трудностей в пользовании компьютерной системой и одновременно обеспечивал достойный уровень информационной безопасности. Применение самых различных методов математической теории игр позволяет обеспечить как оптимизацию стратегий защиты, так и выбора конкретных программных продуктов для защиты компьютерных систем и сетей [1–6].

В данной работе для поиска оптимального набора программных средств защиты компьютерной системы и сети предлагается провести математическую игру двух игроков, одним из которых является администратор компьютерной системы, а другим – злоумышленник. Стратегиями первого являются различные комбинации программных средств для защиты, а стратегиями

второго – различные комбинации угроз компьютерной безопасности. Поскольку целью данной работы являлось определение оптимальной стратегии защиты (такого набора программных продуктов, который обеспечит сведение к суммарному минимуму ущерба, нанесённого компьютерной системе, затрат на приобретение программных продуктов и задействованных вычислительных ресурсов), то можно считать, что возможные угрозы злоумышленника направлены на нанесение наибольшего ущерба компьютерной системе и сети. С учетом того, что выигрыши администратора и злоумышленника скорее всего выражаются в отличных суммарных цифрах, то вместо матричной игры двух лиц с нулевой суммой, когда выигрыш хакера будет равен проигрышу администратора безопасности, следует использовать биматричную игру. При составлении платежных матриц игроков стратегии администратора можно выбрать, например, как ее строки, стратегии злоумышленника – как столбцы, а на их пересечении проставить цену каждой партии для каждого игрока (сумма ущерба от атаки с затратами на приобретение программных средств и требуемых вычислительных ресурсов для администратора и выигрыши злоумышленника в его матрице).

На основе описанного подхода было создано программное приложение, которое по введённым значениям стоимости средств защиты и величинам вероятностей реализации угроз безопасности вычисляет оптимальный набор средств защиты из имеющихся в распоряжении администратора безопасности программных продуктов. Описанное в данной работе программное приложение проводит диагностику компьютера и выбирает для него оптимальный набор программных средств защиты, который не будет приводить к нехватке вычислительной мощности. К тому же оно дает рекомендации по оптимизации аппаратной части устройства, чтобы вычислительной мощности хватило обеспечить более высокий уровень защищенности.

### **Литература**

1. *Гуц А.К., Вахний Т.В.* Теория игр и защита компьютерных систем: учебное пособие. Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2013. 160 с.
2. *Вахний Т.В., Гуц А.К., Бондарь С.С.* Учет вероятностей хакерских атак в игровом подходе к подбору программных средств защиты ком-

- пьютерной информации // Математические структуры и моделирование. 2015. № 3 (35). С. 91–105.
3. *Вахний Т.В., Гуц А.К., Пахотин И.Ю.* Определение оптимального набора средств защиты компьютерной системы методом Монте-Карло // Математические структуры и моделирование. 2018. № 1 (45). С. 148–158.
  4. *Asgariazad M.* Game theory and Network security: Economic Incentives and Barriers: A master thesis. Montreal: Concordia University, 2014. 96 p.
  5. *Yuan Wang, Yongjun Wang, Jing Liu, Zhijian Huang.* A Survey of Game Theoretic Methods for Cyber Security // 2016 IEEE First International Conference on Data Science in Cyberspace, June 13–16, 2016, Changsha, Hunan, China, 2016.
  6. *Game Theory for Security and Risk Management: From Theory to Practice* / Eds. S. Rass, S. Schauer. Springer International Publishing AG, 2018. 418 p.

УДК 004.9

***Ю.А. Осипова***

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

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЛОВСОЧЕТАНИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ ТЕКСТОВ**

Данная работа посвящена исследованию влияния словосочетаний на качество проводимой кластеризации. В процессе выполнения мы столкнулись со сложностью, состоящей в особенности русского языка – структурой, которая в силу своей флективности очень гибка и сложна для анализа.

Для получения синтаксической структуры предложения и последующего извлечения словосочетаний используем инструмент MaltParser. Выбранный анализатор на основе размеченного корпуса языка обучается самостоятельно. Каждое предложение имеет собственный идентификатор и разбивается на слова, для каждого из которых указаны морфологические и синтаксические

параметры, а так же их номер в структуре предложения. Для данного анализатора так же важны знаки препинания, пунктуационная значимость которых не учитываются другими инструментами. На выходе мы получаем граф зависимостей предложения, в корне которого стоит подлежащее, а на листьях – второстепенные члена предложения.

Основываясь на работе [1] был проведен эксперимент по использованию словосочетаний и эффект который они оказывают на результат классификации текстов. Сравнение было проведено между анализаторами MaltParser и АОТ по двум критериям: размеру корпуса слов и количеству одноместных кластеров, которые содержат только один текст.

MaltParser показывает значительное увеличение размера корпуса даже с учетом отсечения самых низко употребляемых словосочетаний, а также по результатам таблицы – уменьшение числа одноместных кластеров на 7 %.

#### Сводные данные по эффективности работы алгоритмов

Название алгоритма	Среднее число одноместных кластеров	Общее число кластеров	Процент одноместных кластеров
АОТ	6,79	31	23,3
MaltParser	5,32	31	16,3

Данный алгоритм доказал свою эффективность, однако она достигается за счет значительных временных затрат и увеличения мешка слов, сформированного анализатором.

Для улучшения результатов и сокращения корпуса слов при использовании MaltParser рекомендовано работой [2] использовать выборки словосочетаний по связи согласование.

#### Литература

1. *Осипова Ю.А., Лавров Д.Н.* Применение кластерного анализа методом k-средних для классификации текстов научной направленности // Математические структуры и моделирование. 2017. № 3 (43). С. 108–121.
2. *Баракнин В.Б., Ткачев Д.А.* Кластеризация текстовых документов на основе составных ключевых термов // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. 2010. Т. 8, № 2. С. 5–14.

***В.В. Журавлёв***

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

## **АРХИТЕКТУРА ПРИЛОЖЕНИЯ, РЕАЛИЗУЮЩЕГО ДСМ-МЕТОД**

Современный мир постоянно накапливает большое количество информации. Цель накопления может быть различной, от развлекательной до стратегической. Сейчас нас интересуют знания, полученные в научно-практических целях. В данной работе будет рассмотрен один из методов извлечения новых знаний из массивов уже существующих. Автор ДСМ-метода называет этот процесс *knowledge discovery* (обнаружение знаний) [1]. Предполагается, что знания уже содержатся в исходных данных, остается их только получить. ДСМ-метод позволяет строить гипотезы на основе предыдущего опыта вообще без каких-либо знаний о предметной области. Например, можно сделать выводы относительно свойств некоторых геометрических фигур, совсем ничего не зная об аксиомах геометрии, при этом используя полученные ранее наблюдения о других фигурах.

Сам ДСМ-метод относится к логико-комбинаторным методам, которые используют средства математической логики и предназначены для анализа взаимосвязи характеристик социальных объектов, для установления возможных причин социального явления, поведенческой установки, определенного мнения. В свою очередь, логико-комбинаторные методы предоставляют возможность изучать причинно-следственные взаимосвязи, являются подходами к анализу данных, отличными от традиционных математических методов обработки результатов социологических исследований, основанных на статистических моделях [2].

Очевидно, что для данной задачи наиболее предпочтительной является клиент-серверная архитектура. В данном случае, ар-



хитектура представляет собой распределенное приложение со следующими самостоятельными модулями (приложениями):

1. Модуль проведения вычислений ДСМ-метода;
2. Модуль наполнения базы знаний;
3. Модуль предоставления публичного API, для взаимодействия с клиентскими приложениями.

Также необходимо учитывать прогнозируемый большой объем данных, хранящийся в базе данных и, как следствие, увеличение данных промежуточных вычислений. Однако, для качественного архитектурного решения, модуль проведения вычислений ДСМ-метода должен быть способен горизонтально масштабироваться, для обработки увеличивающийся нагрузки.

### **Литература**

1. *Финн В.К.* Индуктивные методы Д.С. Милля в системах искусственного интеллекта. Часть I // Искусственный интеллект и принятие решений. 2010. № 3. С. 3–21.
2. *Гуц А.К.* Математическая логика для социологов. Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2017.

УДК 004.932.2

***С.В. Белим, Д.Э. Вильховский***

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

### **СТЕГОАНАЛИЗ АЛГОРИТМА КОХА-ЖАО**

При атаке на стеганографические алгоритмы в общем случае ставится три задачи. Во-первых, необходимо обнаружить сам факт встраивания скрытого сообщения. Во-вторых, необходимо определить размер встраиваемого сообщения и его расположение в массиве данных изображения-контейнера. В-третьих, необходимо максимально точно восстановить встроенное сообщение.

Наибольших успехов стеганографический анализ достиг в решении первой задачи. Большинство методов обнаружения наличия встроенного сообщения основано на исследовании статистических свойств изображения, используемого в качестве контейнера. Исходя из предположения о случайном распределении битов младших битов в синей компоненте цветного изображения в работах [1; 2] предложен статистический метод стеганографического анализа, основанный на критерии Хи-квадрат. Данный метод позволяет с высокой вероятностью обнаружить факт встраивания сообщения при равномерном заполнении контейнера. Метод визуального сравнения цветовых слоев предложен в статье [3]. Этот подход эффективен только при наличии в изображении-контейнере достаточно больших областей равномерной заливки. При большом количестве мелких деталей, искажения, вносимые встраиваемым изображением, визуально не различимы.

В качестве объекта исследования будем рассматривать цифровое изображение, о котором отсутствует информации о наличии или отсутствии встроенного сообщения. Известно только, что используется метод встраивания Коха-Жао [4]. Сформулируем следующие три задачи. Во-первых, необходимо определить факт наличия или отсутствия стеганографической вставки. Во-вторых, при наличии встроенного сообщения, определить его положение в изображении-контейнере и размеры. В-третьих, необходимо максимально точно определить встроенное сообщение, при его наличии, без какой-либо априорной информации. Формально алгоритм можно записать в виде последовательности следующих шагов:

1. Разбить изображение на блоки  $B_i$  размером  $8 \times 8$  пикселей.
2. К каждому блоку  $B_i$  применить дискретное косинусное преобразование. В результате получаются матрицы коэффициентов ДКП  $D_i$  размером  $8 \times 8$ .
3. Построить три последовательности величин ( $i = 1, \dots, N$ ):

$$C_i^{(1)} = \left\| |D_i[3,4]| - |D_i[4,3]| \right\|$$

$$C_i^{(2)} = \left\| |D_i[3,5]| - |D_i[5,3]| \right\|$$

$$C_i^{(3)} = \left\| |D_i[4,5]| - |D_i[5,4]| \right\|$$

4. Выполнить численное дифференцирование  $C_i^{(j)}$  ( $j=1,2,3; i=1,\dots,N$ ) по  $i$ :

$$dC_i^{(j)} = C_i^{(j)} - C_{i-1}^{(j)}$$

5. Вычислить:  $M_j$  – максимальное значение элементов массива  $dC_i^{(j)}$ ,  $N_j$  – среднее значение элементов массива  $dC_i^{(j)}$ ,  $O_j$  – среднеквадратичное отклонение для элементов массива  $dC_i^{(j)}$ . Найти величины  $R_j = N_j + O_j$ .

6. Осуществить перебор величины  $Y_j$  в интервале от  $R_j$  до  $M_j$  с шагом  $dY$ . Определить значение  $Y_j$  такое, что существует ровно два значения  $C_{i_1}^{(j)} > Y_j$  и  $C_{i_2}^{(j)} > Y_j$ . Если такие значения определить невозможно, то уменьшить шаг  $dY$ . Определить  $i_1$  и  $i_2$ .

7. Найти минимальное значение  $C_i^{(j)}$  на интервале от  $i_1$  до  $i_2$ . Присвоить найденное значение  $M_0$ .

8. Извлечь сообщение, используя найденные параметры.

Компьютерный эксперимент показал, что данный алгоритм позволяет безошибочно находить и извлекать встроенное сообщение при значениях  $M_0 > 54$ . Таким образом, стеганографический алгоритм Коха-Жао не является устойчивым к атаке анализа коэффициентов ДКП. Предложенный в данной работе алгоритм позволяет абсолютно точно извлекать встроенное сообщение при условии, что оно является единственным и встроено в непрерывную область. Отступление от данных предположений повышает стойкость стеганографического алгоритма.

## Литература

1. Provos N., Honeyman P. Detecting steganographic content on the internet // Technical Report CITI 01-1a, University of Michigan. 2001.
2. Westfeld A., Pfitzmann A. Attacks on Steganographic Systems: Breaking the Steganographic Utilities EzStego, Jsteg, Steganos and Stools and Some Lessons Learned // 3rd International Workshop on Information Hiding. 2000. P. 61–76.

3. Алиев А.Т. О применении стеганографического метода LSB к графическим файлам с большими областями монотонной заливки // Вестник ДГТУ. 2004. Т. 4, № 4 (22). С. 454–460.
4. Koch E., Zhao J. Towards robust and hidden image copyright labeling // IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing. 1995. P. 452–455.

УДК 004.056

**Н.Ф. Богаченко**

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

### **АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСНОВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕШЕТКИ ЦЕННОСТЕЙ ПО ГРАФУ ДОСТУПОВ**

Пусть в компьютерной системе реализуется мандатный принцип разграничения доступа. Для задания уровней секретности объектов (информационных ресурсов) и уровней доверия к субъектам (к пользователям) принято использовать модель алгебраической решётки [1], называемой решёткой ценностей. Наибольшее распространение получили три типа решёток: линейная решётка  $LS(N)$ , решётка подмножеств  $XS(N)$  и  $MLS$ -решетка (мультиуровневая решётка), являющаяся декартовым произведением первых двух:  $MLS = XS(N_1) \times LS(N_2)$  [2].

Процессы построения и анализа мандатной политики разграничения доступа включают в себя задачу определения основных характеристик решётки ценностей по имеющемуся графу доступов – ориентированному графу, задающему разрешённые информационные потоки между объектами и субъектами системы. Под основными характеристиками понимаются тип решётки и значение параметра  $N$  (или параметров  $N_1$  и  $N_2$ ). В работе [3] даны описание и математическое обоснование алгоритма, анализирующего граф доступов и определяющего тип решётки ценностей. Окончательная формализация этого алгоритма представлена в листинге 1.

---

Листинг 1. Алгоритм определения основных характеристик решётки ценностей

---

**Вход:** матрица достижимости  $\mathbf{M}^+$  размерности  $n \times n$  графа доступов  $G$ , порождающего алгебраическую решётку;

**Выход:** ответ на вопрос, соответствует ли оргграф  $G$  некоторой  $MLS$ -решётке?

1: Обнулить массив множеств  $\mathbf{V}$  размерности  $n$  и множества  $P$ ,  $A$ ,  $C$ ;

2: Для всех  $i = 1, \dots, n$

3:      $L := 0; j^* := -1; S := 1;$

4:     Для всех  $j = 1, \dots, n$

5:         Если  $(j \neq i)$  и  $(\mathbf{M}^+[i][j] = 1)$ , то

6:             Если  $(L = 0)$  или  $(\mathbf{M}^+[j][j^*] = 1)$  то

7:                  $j^* := j;$

8:              $L := L + 1;$

9:     Если  $(L > 1)$ , то

10:         Для всех  $j = 1, \dots, n$

11:             Если  $(j \neq i)$  и  $(\mathbf{M}^+[i][j] = 1)$  и  $(\mathbf{M}^+[j^*][j] = 0)$ , то

12:                  $S := 0;$

13:     Если  $(L = 1)$ , то

14:          $P := P \cup \{i\}; A := A \cup \{i\};$

15:     Если  $(L > 1)$  и  $(S = 1)$ , то

16:          $P = P \cup \{i\}; C := C \cup \{i\}; \mathbf{V}[L] := \mathbf{V}[L] \cup \{i\};$

17:  $p := |P|; a := |A|;$

18: Если  $(A = P)$ , то

19:     Если  $(n \neq 2^p)$ , то

20:         требуемого соответствия нет;

21:     иначе

22:          $G$  соответствует решётке  $XS(p)$  (или  $MLS$ -решётке  $XS(p-1) \times LS(2)$ );

23: Если  $(A \subset P)$ , то

24:     Если  $(n \neq 2^{a-1} \cdot (p - a + 2))$ , то

25:         требуемого соответствия нет;

26:     иначе

27:          $Z := 1;$

28:                   Для всех  $k = 2, \dots, p - a + 1$   
 29:                    Если  $(|V[k]| \neq 1)$ , то  
 30:                       $Z := 0$ ;  
 31:                   **Если**  $(Z = 0)$ , то  
 32:                      требуемого соответствия нет;  
 33:                   **иначе**  
 34:                      Для всех  $k = 2, \dots, p - a$   
 35:                         **Если**  $(M^+[V[k+1]][V[k]] = 0)$ , то  
 36:                          $Z := 0$ ;  
 37:                   **Если**  $(Z = 0)$ , то  
 38:                      требуемого соответствия нет;  
 39:                   **иначе**  
 40:                       $Z := 0$ ;  
 41:                      Для всех  $j \in A$   
 42:                         **Если**  $M^+[V[2]][j] = 1$  то  
 43:                          $Z := 1$ ;  
 44:                   **Если**  $(Z = 0)$ , то  
 45:                      требуемого соответствия  
 нет;  
 46:                      **иначе**  
 47:                       $G$  соответствует  $MLS$ -  
 решётке  $XS(a - 1) \times LS(p - a + 2)$ ;

---

Доказано, что алгоритм является полиномиальным [3]. Этот факт существенен при разработке автоматизированных систем управления политикой разграничения доступа.

### Литература

1. *Birkhoff G.* Lattice Theory. N.Y.: Amer. Math. Soc. Colloquium Publ., 1967.
2. *Гайдамакин Н.А.* Разграничение доступа к информации в компьютерных системах. Екатеринбург: Изд-во Ур. ун-та, 2003. 328 с.
3. *Белим С.В., Богаченко Н.Ф.* Проверка соответствия ориентированного графа алгебраической решетке // Прикладная дискретная математика. 2018. № 41. С. 54–65.

***И.П. Бесценный***

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

## **ПРИМЕНЕНИЕ OLAP В ЭЛЕКТРОННОМ ДОКУМЕНТООБОРОТЕ**

Концепция OLAP (OnLine Analytical Processing) представляет собой многомерное представление данных, предназначенное для оперативного просмотра больших массивов информации с встроенными технологиями хранения, извлечения и анализа. Требования к программам, реализующим такой подход, были сформулированы в [1]. Принцип многомерности заключается в том, что каждый «факт» имеет «координаты» в абстрактном многомерном пространстве. Оси («измерения») равноправны и могут представлять собой не только линейный порядок, как числовая ось, но и несколько уровней древовидной иерархии.

Применительно к электронному документообороту «фактами» будут являться отдельные файлы (или даже отдельные фрагменты файла). Естественным измерением является время, организованное в иерархию «месяц»—«семестр»—«год». Второе важное измерение: «преподаватель»—«кафедра»—«факультет». Третьим может быть, например, «тема»—«дисциплина»—«курс»—«направление одготовки». Это зависит от назначения рассматриваемых файлов.

Файловые системы современных ОС как правило имеют иерархическую структуру (папки или каталоги). Но это соответствует лишь одномерному представлению. Например, в папке каждой кафедры дублируются такие подпапки, как «Нагрузка», «Рабочие программы», «Индивидуальные планы», внутри которых по-разному предусмотрено разбиение по годам или по преподавателям. Поэтому поиск нужного документа требует лишних затрат.

Эффективность OLAP методологии заключается в прозрачности и наглядности. Это означает, что пользователю не нужно

знать, где физически расположены требуемые файлы. На экране приложения он видит кнопки выбора измерения и соответствующую проекцию гиперкуба. Достаточно хранить вместе с полным именем файла его «координаты» в многомерном пространстве. Дальнейшее развитие этого подхода видится в выявлении актуальных для пользователей агрегирующих функций и добавление их в программу.

### **Литература**

1. *Codd E.F., Codd S.B., Salley C.T. Providing OLAP to User-Analysts: An IT Mandate.* E. F. Codd & Associates, 1993.

УДК 004

***Д.Ю. Ангальд***

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

## **ВЫЯВЛЕНИЕ ПРОПУСКОВ, МНОЖЕСТВЕННЫХ И ОШИБОЧНЫХ ОТМЕТОК В ВЫБОРКАХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОННОГО ХРОНОМЕТРАЖА В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

В настоящее время часто, для получения данных о хронометраже, обращаются к электронным системам.

Рассмотрим пример на марафоне. Имеется трасса 21 км, на которой расположены контрольные точки (kt). Стартовые и финишные контрольные точки (start, finish) выносятся за пределы этого круга. Для преодоления дистанции 42.192 км необходимо пробежать 2 круга и отдельно 192 м (стартовые и финишные ковры). Также по кругу размещаются 4 контрольные точки через равные промежутки. В итоге у каждого участника должно быть  $2 * 4$  контрольные отметки внутри круга и 2 старт плюс финиш. Также финиш и старт в целях экономии могут представлять одну



контрольную точку. То есть каждая отметка на контрольной точке представляет собой преодоление атлетом определенной дистанции. Таблица хронометража строится с учетом этого (см. табл.).

**Частичный хронометраж одного атлета**

Идентификатор	start_1	kt1_1	kt2_1	kt3_1	kt4_1	kt1_2	kt2_2	...
0000001	08:59:59	09:23:25	09:32:52	10:01:21	10:08:30	10:15:36	10:37:45	

Существует три варианта ошибок, зависящих от оборудования, при проведении хронометража:

- первый вариант – оборудование не зафиксировало прохождение;
- второй вариант – оборудование зафиксировало несколько раз;
- третий вариант – точки близко расположены друг к другу и создаются ошибочные отметки.

В результате первой ошибки в раннюю отметку, относительно одной контрольной точки, может попасть поздняя. Во втором случае наблюдается обратная ситуация, отметки с одной преодоленной дистанции заполняют последующие дистанции. Также случаются ошибки, когда ящики были перепутаны местами и (или) атлеты бегут не свою дистанцию (на которую они были зарегистрированы), так как времена высчитываются за вычетом времени старта. Заметим, что время старта (Guntime) и время пересечения стартового ковра – это разные времена.

Целью данной работы является разработка программы, которая будет выявлять пропуски, множественные и ошибочные отметки в исходных данных. Также, необходимо следить за корреляцией между атлетами и выявлять её нарушение. Если контрольные точки были перепутаны, то будут массовые ошибки и необходимо пометить данную контрольную точку как неверно расположенную. Все процессы должны происходить с минимальной задержкой, а уведомление должны приходить в режиме реального времени. Найденные ошибки и предупреждения о критических моментах должны экспортироваться для последующей обработки аналогично, в режиме реального времени.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить различные способы выявления пропусков и шумов, которые позволят выявлять ошибки и критические моменты в данных в режиме реального времени. Рассмотреть описанные способы предобработки данных с пропусками в диссертационной работе «Итерационное моделирование неполных данных с помощью многообразий малой размерности» [1].

2. Спроектировать архитектуры программы, предусмотреть расширение, добавить экспорт ошибок и предупреждений о критических моментах.

3. Провести сравнительный анализ разработанной программы с её аналогами.

### **Литература**

1. *Россиев А.А.* Итерационное моделирование неполных данных с помощью многообразий малой размерности: дис. ... канд. физ.-мат. наук. Красноярск, 2000.

УДК 51.7

***Н.В. Манюкова<sup>1</sup>, Л.Ю. Уразаева<sup>2</sup>***

*<sup>1</sup>Нижевартовский государственный университет,  
г. Нижевартовск, Россия*

*<sup>2</sup>Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, г. Санкт-Петербург, Россия*

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРЕПОДАВАНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ БАКАЛАВРОВ НАПРАВЛЕНИЯ ПОДГОТОВКИ «МЕНЕДЖМЕНТ»**

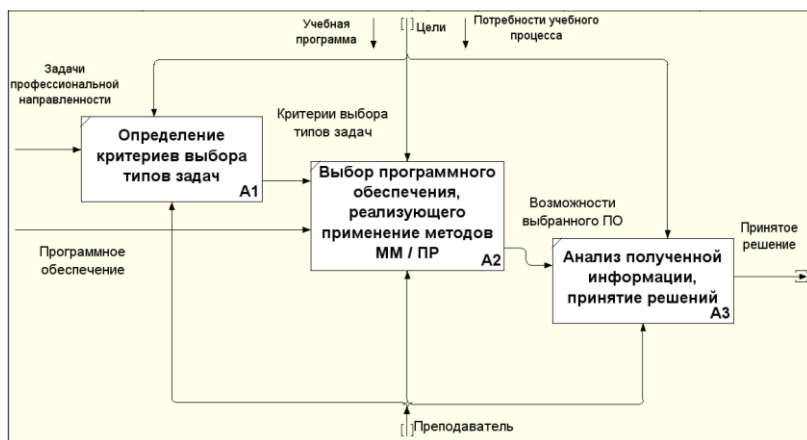
Стремительное распространение новых ИТ в повседневной работе менеджеров, экономистов, финансистов различного уровня требует не только хорошего знания своей предметной об-

ласти, но и умения применить эти технологии для моделирования социально-экономических процессов и систем различной степени сложности. Создание моделей в экономике и управлении имеет существенные особенности, связанные с объектами, методами и средствами моделирования [1–5].

Рассмотрим и проанализируем методiku выбора типов задач, решаемых с помощью методов математического моделирования (ММ) и принятия решений (ПР) для студентов-менеджеров на IDEF0-диаграмме (рис.).

На этапе **A1** принятия решения о выборе того или иного типа задачи, с использованием методов ММ / ПР необходимо выявить критерии отбора, принимая во внимание, что они должны определять место задачи в предметной области и обладать доступностью в понимании проблемы и путей решения.

Сформулируем *критерии выбора* того или иного типа задач: 1) значимость в предметной области; 2) социально-экономический эффект от использования задачи в будущей профессиональной деятельности; 3) степень формализации и доступность в понимании; 4) компьютерная реализация решения.



Методика выбора типов задач, решаемых с помощью методов ММ и ПР

Необходимо отметить, что из множества критериев выбора задач, в рассмотрение принимались те, которые относятся к прак-

тической значимости с точки зрения профессионально-направленного обучения менеджеров.

Нами были выделены следующие *типы задач*: задачи линейного программирования; задачи динамического программирования; задачи на анализ конфликтных ситуаций и матричные игры; задачи сетевого планирования; задачи на управление запасами и теорию массового обслуживания.

На этапе **A2** данной методики происходит сбор информации о программных средствах, их функциональных возможностях, позволяющих без особых усилий осуществлять математическое моделирование ситуации и принимать решение. В качестве средств реализации математических моделей были выбраны: табличный процессор *MS Excel*, *инструмент Simulink пакета MatLab*.

На заключительном этапе **A3** собранная информация анализируется и принимается решение по выбору конкретных типов задач.

Для каждого типа задач был определен интегральный показатель по формуле  $I = \sum_{i=1}^n x_i y_i$ , где  $I$  – интегральный показатель,  $x_i$  – значение  $i$ -го критерия,  $y_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го критерия (сумма всех весовых коэффициентов равна 1),  $n$  – число критериев оценки.

Было выявлено, что наиболее предпочтительными являются такие типы задач, как задачи на анализ конфликтных ситуаций в области управления. В целом данное исследование подтвердило, что качественная подготовка менеджеров в области моделирования принятия управленческих решений невозможна без изучения основ математического моделирования в области менеджмента и экономики.

### **Литература**

1. Глухов В.В., Медников М.Д., Коробко С.Б. Математические методы и модели для менеджмента. СПб.: Лань, 2000.
2. Манюкова Н.В., Никонова Е.З. Организация интерактивного обучения с помощью MS Excel в качестве инструмента компьютерной симуляции // Современные исследования социальных проблем. 2017. Т. 8, № 4. С. 101–112.

3. Манюкова Н.В., Уразаева Л.Ю. Проектирование систем принятия решений для прогнозирования сценариев миграционных процессов. XXI международная конференция по мягким вычислениям и измерениям: сборник докладов: в 2 т. Санкт-Петербург. 23–25 мая 2018 г. СПб.: СПбГЭТУ «ЛЭТИ». Т. 2. С. 436–439.
4. Цисарь И.Ф., Нейман В.Г. Компьютерное моделирование экономики. М.: Диалог-МИФИ, 2002.
5. Уразаева Л.Ю., Галимов И.А. Математическое исследование некоторых аспектов миграции населения // Вестник Нижневарттовского государственного университета. 2014. № 3. С. 77–85.

*Научное издание*

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Сборник материалов  
VI Международной научной конференции,  
посвященной памяти Б.А. Рогозина

(Омск, 23 ноября 2018 г.)

*Издается в авторской редакции в соответствии с макетом,  
предоставленным оргкомитетом.  
Макет подготовлен при участии Издательства ОмГУ*

---

Подписано в печать 12.11.2018. Формат бумаги 60x84 1/16.  
Печ. л. 12,4. Усл. печ. л. 11,5. Уч. изд. л. 9,2. Тираж 110 экз. Заказ 297.

---

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