

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Сборник материалов  
IV Международной научной конференции

(Омск, 11 ноября 2016 г.)



2016

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

*Рекомендовано к изданию  
редакционно-издательским советом ОмГУ*

*Рецензенты:*

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

Ответственный за выпуск

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

**М340 Математическое и компьютерное моделирование** : сборник материалов IV Международной научной конференции (Омск, 11 ноября 2016 г.) / [отв. за вып. И. П. Бесценный]. – Омск : Изд-во Ом. гос. ун-та, 2016. – 176 с.

**ISBN 978-5-7779-2045-4**

В сборник включены тезисы докладов участников IV Международной научной конференции «Математическое и компьютерное моделирование», состоявшейся на факультете компьютерных наук ОмГУ им. Ф.М. Достоевского 11 ноября 2016 г.

Для магистрантов, аспирантов и научных работников.

**УДК 004+519+316**

**ББК 22.18я43+32.973.26–018.1я43**

ISBN 978-5-7779-2045-4

© Оформление. ФГБОУ ВО «ОмГУ  
им. Ф.М. Достоевского», 2016

## Содержание

### Секция «Кибернетика и моделирование»

<i>Kosheleva O., Osegueda Escobar M., Kreinovich V.</i> Von Neumann-Morgenstern solutions, quantum physics, and stored programs vs. Data: unity of von Neumann's legacy.....	8
<i>Kosheleva O., Afravi M., Kreinovich V.</i> Why utility non-linearly depends on money: a commonsense explanation.....	13
<i>Kosheleva O., Kreinovich V.</i> Cosmological inflation: a simple qualitative explanation .....	19
<i>Olague P.B., Kreinovich V.</i> Why half-frequency in intelligent compaction.....	23
<i>Ерошенко В.А., Коваленко Н.С.</i> Об устойчивости возмущенных операторов и отображении алгоритмов на архитектуру современных вычислительных систем .....	27
<i>Кавитова Т.В.</i> Принцип сравнения для первой начально-краевой задачи для нелинейного параболического уравнения с нелокальностями в уравнении и граничном условии .....	29
<i>Бородич С.М.</i> О максимальном аттракторе одного неавтономного параболического уравнения .....	31
<i>Шевчук Е.В., Шнак А.В., Икласова К.Е.</i> К вопросу об индикативном управлении развитием современного вуза.....	33
<i>Голубятников В.П.</i> Фазовый портрет одной простой модели молекулярного репрессилатора .....	35
<i>Гуц А.К.</i> Тепловые эффекты при переходе из одной исторической эпохи в другую.....	38
<i>Рабинович Е.В.</i> Особенности динамики системы трех связанных синус-отображений окружности .....	40
<i>Шовин В.А.</i> Структурное, энтропийное моделирование и корреляционный анализ артериальной гипертензии .....	43
<i>Панкратов И.А.</i> О разложении решения задач оптимального управления по базисным функциям .....	45
<i>Панкратов И.А.</i> Математическое моделирование движения жидкости в мелководном бассейне .....	48
<i>Бадриев И.Б., Макаров М.В., Мартынова О.П.</i> Обобщенная постановка геометрически нелинейной задачи об изгибе трехслойной пластины с трансверсально-мягким наполнителем....	50

<i>Бадриев И.Б., Макаров М.В., Паймушин В.Н.</i> Численное моделирование поперечного изгиба трехслойной пластины с трансверсально-мягким наполнителем с шарнирным закреплением .....	52
<i>Паймушин В.Н., Макаров М.В., Холмогоров С.А.</i> Исследование неклассических форм потери устойчивости и разрушения композитных тест-образцов в условиях трехточечного изгиба .....	55
<i>Ланина С.Ю., Еремина В.В.</i> Модифицированная идентификация полос поглощения $H_2O$ .....	57
<i>Нигматулин Р.М., Вагина М.Ю.</i> Построение оценок времени в обобщенной задаче оптимального распределения оборудования .....	60
<i>Филимонов В.А.</i> Экспериментальное исследование моделей теории рефлексивных игр: постановка задачи .....	62
<i>Гольятин В.В., Шовин В.А.</i> Использование дисперсионных комплексов в выявлении значимых факторов, обуславливающих синдром обструктивного апноэ сна .....	65
<i>Стругов Ю.Ф.</i> Достаточные условия гладкости экстремальных отображений, квазиконформных в среднем .....	67
<i>Володченко Л.А.</i> Единый способ вычисления индексов конкуренции деревьев.....	70
<i>Исмуканова А.Н., Лавров Д.Н.</i> Алгоритм классификации научных текстов методом латентного семантического анализа .....	72
<i>Богаченко Н.Ф.</i> Выбор языка описания ролевого графа в моделях управления доступом .....	74
<i>Кабанов А.Н.</i> Центр группы унитарных автоморфизмов свободной алгебры Лейбница .....	78
<i>Гринь А.Г.</i> О моментах калибровочных функций от зависимых случайных величин .....	81
<i>Романов А.Н.</i> Измерение расстояний в пространствах цилиндрической структуры .....	83

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

<i>Kato K.</i> How to assign numerical values to partially ordered levels of confidence: robustness approach.....	85
---	----

<i>Temerev A.Y., Myakisheva E.V.</i> Scale-free properties of actor networks.....	90
<i>Сеньковская А.А., Фураева И.И.</i> Алгоритмы оптимизации рабочих учебных планов .....	91
<i>Корчевская Е.А., Маркова Л.В.</i> Разработка и использование электронных средств обучения по вычислительной математике ...	94
<i>Астапенко Н.В., Кошеков К.Т.</i> Проектирование системы управления технологическими процессами зернохранилищ .....	96
<i>Шевчук Е.В., Колыванов К.Ю.</i> К вопросу о выборе робототехнической платформы для решения образовательных задач .....	98
<i>Белан Н.В., Луганская Л.А., Карасев И.В.</i> Способы повышения структурной скрытности систем связи с ортогональными сигналами .....	101
<i>Жук Е.П., Ильченко М.С., Студеникин А.В.</i> Вопросы психологического отбора абитуриентов высших учебных заведений на направление «Информационная безопасность» .....	102
<i>Никулов К.В.</i> Оценка безопасности программных проектов на основе кодовой карты с применением нейронной сети .....	105
<i>Мироненко А.Н.</i> Обработка данных методом анализа иерархий .....	107
<i>Матюшин К.А., Лавров Д.Н.</i> Алгоритмы встраивания цифровых водяных знаков в изображения на основе разделения секрета.....	109
<i>Гусс С.В.</i> Имитационное моделирование беспроводных самоорганизующихся сетей с быстроменяющейся топологией ....	111
<i>Дугина А.Р., Лавров Д.Н.</i> Схемы разделения потоков в маршрутизируемой среде передачи информации.....	113
<i>Кондюрина А.А., Лавров Д.Н.</i> Результаты компьютерного моделирования обнаружения беспроводной точки доступа методом трилатерации .....	115
<i>Костылев А.В., Лавров Д.Н.</i> Идентификация личности, разместившей в социальной сети материалы, нарушающие авторское право.....	116
<i>Букатина А.А., Лавров Д.Н.</i> Исследование работы протокола EIGRP в службе маршрутизации Linux Quagga.....	118
<i>Белим С.В., Вильховский Д.Э.</i> Использование метода анализа иерархий для выявления стеганографических вставок в изображениях .....	119

<i>Усов С.В.</i> Алгоритм предварительного распределения ключей, согласованный с асимметричной политикой разграничения доступа.....	121
<i>Убалехт И.П.</i> Применение бинарных связей атрибутов для моделирования ограничений целостности реляционной базы данных.....	123
<i>Тюменцев Е.А.</i> Локализация влияния изменений состояния Service Locator в вызывающем коде.....	126
<i>Лазаренко П.Н., Лавров Д.Н.</i> Разработка структуры прототипа системы идентификации личности по рисунку вен пальцев руки.....	128
<i>Белим С.В., Черепанов П.Г.</i> Встраивание цифровых водяных знаков в видеопоток на основе трехмерного дискретного косинусного преобразования.....	131
<i>Бречка Д.М., Литвиненко А.А.</i> Разработка системы мандатного управления доступом в ОС Windows.....	134
<i>Белим С.В., Ларионов С.Б.</i> Алгоритм сегментации изображений, основанный на поиске сообществ на графах.....	137
<i>Федорова Е.И.</i> Прогнозирование студенческого состава на факультете.....	139
<i>Опарина Т.М.</i> Структурные проблемы интеграции реляционной базы данных в многомерную.....	141
<i>Костюшина Е.А.</i> Организация электронной информационно-образовательной среды ОмГУ им. Ф.М. Достоевского.....	143
<i>Вахний Т.В.</i> Новейшие разработки в области квантовых вычислительных систем.....	146
<i>Гуц А.К., Вахний Т.В.</i> Отражение DDoS-атаки и дифференциальные игры.....	148
<i>Носов Л.С., Зудин В.С.</i> Математическая оценка разборчивости сигнала ПЭМИН.....	151

### **Секция «Социокибернетика»**

<i>Нагорный О.С., Мухетдинова А.Т.</i> Исследование дискурса о биопедагогике при помощи тематического моделирования и синтаксического анализа текстов.....	154
<i>Павленко К.В.</i> Модели оценивания качества образования в вузе.....	157

<i>Волченко О.В., Корсунова В.И.</i> Моделирование взаимосвязи ценностей и киноиндустрии: межстрановой анализ.....	160
<i>Корсунова В.И.</i> Моделирование структуры досуговых практик в России.....	162
<i>Паутова Л.А.</i> Стабильность общества: учет зависимости от контекста.....	165
<i>Букаринова Н.А.</i> Факторы миграции молодежи (pull/push factors). Кейс-стади города Печоры, Псковская область .....	167
<i>Оводова С.Н.</i> Молодежные городские сообщества г. Омска.....	169
<i>Зайцев П.Л.</i> Антропологический тренд в гуманитаристике: pro et contra .....	172

**Секция  
«Кибернетика и моделирование»**

---

---

UDC 004+007

*O. Kosheleva, M. Osegueda Escobar, V. Kreinovich  
University of Texas at El Paso, El Paso, USA*

**VON NEUMANN-MORGENSTERN SOLUTIONS, QUANTUM  
PHYSICS, AND STORED PROGRAMS VS. DATA:  
UNITY OF VON NEUMANN'S LEGACY**

**Outline.** In this paper, we show that several seemingly unrelated topics of John von Neumann's research are actually very closely related.

**Von Neumann's legacy.** John von Neumann was a versatile researcher; see, e.g., [1, 3]. In particular, he founded modern game theory [4], foundations of quantum physics [2], and modern computer architecture.

**At first glance, there seems to be no relation between different directions of his research.** Somewhat surprisingly, there does not seem to be any deep relation between different directions of John von Neumann's research: it almost looks like several different people performed his research in different directions.

For example, his papers and books on game theory have no mention of any of his research on foundations of quantum physics; his papers and books on computer architecture have no mention of his previous research on foundations of quantum physics and game theory, etc.

**But this is strange.** This seeming absence of relation sounds strange: the ability to combine various ideas was always one of John von Neumann's strong points. For example, this ability is the main source of his successes in computer architecture: he combined many



ideas of different people from different research groups – as well as his own ideas – into a coherent consistent description.

**What we plan to do.** We plan to show that different directions of von Neumann's research are connected much closer than it seems at first glance. Specifically, we will show that his game-theoretic ideas of core and von Neumann-Morgenstern solution, when properly applied to other research areas, leads to basic notions of these areas. Namely, in quantum physics, we get the notion of the basis in a Hilbert space; in computer applications, we get the notion of data.

**Notions of core and von Neumann-Morgenstern solution: a brief reminder.** To explain the desired relation between different research areas, let us first briefly recall the notions of core and von Neumann-Morgenstern solution.

These two notions are based on the notion of *dominance*: an outcome  $y$  *dominates* an outcome  $x$  (denotes  $x \rightarrow y$ ) if one of the possible coalitions can force the whole group to move from  $x$  to  $y$ .

Once we know which outcomes dominate which, which of the outcomes should we choose? A reasonable idea to select an outcome  $x$  in such a way that no coalition can change it, i.e., to select an outcome  $x$  which is not dominated by any other outcome. The set of all such non-dominated outcomes is known as a *core*.

The problem with this suggestion is that in many situations, there is no core. For example, if we simply divide a given amount of money between several people based on a majority vote, then, no matter what division  $x$  we propose, each majority-forming group can force an alternative division  $y$  in which this group gets the whole amount and no one else gets anything.

To deal with such situations, John von Neumann and his co-author Oskar Morgenstern proposed the notion of a *social norm* – also known as the *von Neumann-Morgenstern (vNM) solution*. Specifically, a set  $S$  of outcomes is a vNM solution if the following two conditions hold:

- first, no two outcomes from the set  $S$  dominate each other, and
- second, every outcome which is not in  $S$  can be forced into an outcome from  $S$ .

The second condition means that we can always force people to obey this social norm, i.e., to select an outcome from the set  $S$ . The first condition means that once we have decided to restrict ourselves to outcomes from the set  $S$  and selected an outcome from this set, then no coalition can change this decision.

**Case of quantum physics: what is a natural analog of dominance?** In decision making, we deal with decisions. There are two reasons why decisions change: first, there is a continuous change in outside circumstances that leads to changing values of different decisions. These changes are *not* considered in the classical game theory. The only changes which *are* considered are discrete changes in decision, changes which happen when a coalition decides to change its decision.

In quantum physics, we deal with states. States are usually described as vectors in a Hilbert space. For states, there are also two types of change. There is a continuous change described by Schroedinger's equations: the world changes, and the states change. There is also a possibility of a discrete change: in quantum physics, when we perform a measurement, not only we get the measurement result, but we also usually change the original state. Similarly to the game theory case, let us only consider the discrete changes.

In quantum physics, physical quantities are described by operators in Hilbert space. If we measure a quantity  $A$  in a state  $x$ , then, as a result, this state changes to one of the eigenvectors  $y$  of the operator  $A$ , with the probability equal to the  $|(x,y)|^2$ , where  $(x,y)$  denotes the scalar (dot) product of the two states  $x$  and  $y$ .

When for two states  $x$  and  $y$ , such a transition  $x \rightarrow y$  is possible, this means that the corresponding probability  $|(x,y)|^2$  is non-zero, i.e., that  $x$  and  $y$  are *not* orthogonal to each other. Vice versa, if  $(x,y) \neq 0$ , then for  $A$  equal to projection on  $y$ , measuring the quantity  $bA$  in the state  $x$  leads to the state  $y$  with a non-zero probability.

Thus, here  $y$  dominates  $x$  ( $x \rightarrow y$ ) if and only if  $x$  and  $y$  are not orthogonal.

**In quantum case, there is no core.** Let us analyze what the notions of the core and vNM solution mean for this quantum dominance relation. Let us start with the core.

For every vector  $x$ , we can easily find another vector  $y$  which is not orthogonal to  $x$ . Thus, no vector  $x$  is non-dominated, and so the core is empty.

**Quantum case: what is the natural analogue of vNM solution?** When is a set  $S$  of quantum states a vNM solution? The first condition from the above definition of a vNM solution means that no two states from the set  $S$  dominate each other. By definition of quantum dominance as non-orthogonality, this simply means that all the vectors from the set  $S$  must be orthogonal to each other.

The second condition means that every vector not from  $S$  is dominated by one of the vectors from the set  $S$ . In other words, if a vector  $y$  is not dominated by any vector from  $S$ , this vector  $y$  must belong to the set  $S$ .

For quantum dominance as non-orthogonality, this means that if a vector  $y$  is orthogonal to all the vectors from the set  $S$ , then it must belong to the set  $S$ . This is definitely true if the vectors from  $S$  form a *basis* of the set  $S$ . Vice versa, if the vectors from  $S$  do not form a basis, this means that the linear space  $L$  of all their linear combinations does not exhaust all the vectors from the Hilbert space; in this case, any vector which is orthogonal to the space  $L$  contradicts the second condition.

So, we conclude that *in the quantum case, a set  $S$  is a vNM solution if and only if it is a basis in the Hilbert space.*

Thus, the notion of a basis – one of the main notions of the Hilbert-space approach to quantum physics pioneered by John von Neumann – is indeed a natural analogue of the game-theoretic notion of the von Neumann-Morgenstern solution.

**What is a natural analogue of dominance in computer processing?** Another area that we would like to consider in this paper is the area of computer architecture and of the corresponding data processing. What are the states here?

In a computer, we store both data and programs. To describe a state of the computer means to describe what data is stored and what programs are stored.

A natural transition  $x \rightarrow y$  occurs when we run the computer that was originally in the state  $x$ . When we run the computer, programs process (and transform) the data, so the state of the computer, in general, changes.

**Computer case: what is the analogue of the core?** When the state of a computer includes some stored programs, then, in general, running this computer will change the state. So, the only way to have a state which is guaranteed not to change is to only have data.

From this viewpoint, a state  $x$  of a computer is not dominated if this state consists only of data. Thus, *in the computer case, a natural analogue of the core is data.*

The distinction between data and stored program was one of the main computer architecture ideas of John von Neumann. It is therefore important that the computer-important notion of data is indeed a natural analogue of the game-theoretic notion of the core.

**Conclusion.** At first glance, different areas of John von Neumann's research may sound unrelated. However, a rather simple analysis shows a deep relation between his ideas in different research areas. Namely:

- the notion of a basis in the Hilbert space, one of the main ideas behind John von Neumann's formalization of quantum physics, is a direct analogue of the notion of a solution – one of the basic notions of his cooperative game theory; and
- the notion of data, one of the main notions underlying John von Neumann's computer architecture ideas, is a direct analogue of the notion of the core – another basic notion of von Neumann's cooperative game theory.

**Acknowledgments.** This work was supported in part by the National Science Foundation grants HRD-0734825, HRD-1242122, and DUE-0926721.

The authors are thankful to all the participants of the 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics,

(Budapest, Hungary, October 9–12, 2016), especially to Domokos Szász, for valuable discussions.

## References

1. *Friedler, F., Dömölki, B., Szász, D., Gallant, J., Bokor, J., Hangos, K., and Kóczy, L. A.* Panel dedicated to John von Neumann, a Pioneer of Modern Computer Science – a Theory that Transformed the World to a Cyberspace, Proceedings of the 2016 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, Budapest, Hungary, October 9–12, 2016.
2. *von Neumann, J.* Mathematical Foundations of Quantum Mechanics. – Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1955.
3. *von Neumann, J.* Collected Works – New York: Pergamon Press, 1961.
4. *von Neumann, J., and Morgenstern, O.* Theory of Games and Economic Behavior – Princeton, New Jersey: Princeton University Press, 1944.

UDC 004+007

*O. Kosheleva, M. Afravi, V. Kreinovich*  
*University of Texas at El Paso, El Paso, USA*

## WHY UTILITY NON-LINEARLY DEPENDS ON MONEY: A COMMONSENSE EXPLANATION

**Outline.** Human decision making is based on the notion of utility. Empirical studies have shown that utility non-linearly depends on the money amount. In this paper, we provide a commonsense explanation of this empirical fact: namely, that without such non-linearity, we would not have a correct description of such a commonsense behavior as saving money for retirement.

**Saving money for retirement: a simplified description of the problem.** Let us consider a simplified version of this situation, when we only have two moments of the time: the current moment of time (when we earn money), and the future moment of time, in which we will not earn money.

Suppose that at the present moment, we earn the amount  $m$ . Out of this amount, we can save  $s \leq m$  and thus, spend the remaining

amount  $m - s$ . The saved money is invested; as a result, with interest, in the future, we will have an increased amount  $k \cdot s$ , for some constant  $k > 1$ .

The question is how much money  $s$  we shall save, i.e., which amount  $s \in [0, m]$  we should select.

**How should we make this decision?** According to the decision making theory, preferences and decisions by a rational decision maker are described by utilities of different alternatives; see, e.g., [3–5].

Let us briefly recall what is utility and how it is related to decision making.

**Utility: a brief reminder.** How can we describe human preferences? One possibility is to select two theoretically possible alternatives: one very bad  $A_-$ , much worse than any other alternative  $A$  that we will ever encounter ( $A_- < A$ ), and another very good  $A_+$ , much better than anything that we will encounter in practice ( $A < A_+$ ).

Then, for each number  $p$  from the interval  $[0, 1]$ , we can form a lottery  $L(p)$  in which we get  $A_+$  with probability  $p$  and  $A_-$  with the remaining probability  $1 - p$ .

Let us now consider an arbitrary alternative  $A$  which is in between  $A_-$  and  $A_+$ :  $A_- < A < A_+$ . When  $p = 0$ , we have  $L(p) = A_- < A$ ; when  $p = 1$ , we have  $L(p) = A_+ > A$ . Thus, as we increase  $p$  from 0 to 1, there should be a threshold value  $p_0$  at which  $A$  switches for being better than  $L(p)$  to being worse than  $L(p)$ , i.e., for which, in this sense,  $L(p_0)$  is "equivalent" to  $A$ :  $A \square L(p_0)$ .

This threshold value  $p_0$  is known as the *utility* of the alternative  $A$ . This value is usually denoted by  $u(A)$ , so that  $A \square L(u(A))$ .

**Utility of money.** The utility depends on the alternative. In particular, for alternatives consisting of getting a monetary amount, the utility  $u$  depends on this amount  $a$ . Let us denote this dependence by  $u = M(a)$ .

In the savings situation, the current utility is thus equal to  $u_c = M(m - s)$ , and the future utility is equal to  $u_f = M(k \cdot s)$ .

**Empirical fact: utility is a non-linear function of money.**

Empirical analysis shows that utility non-linearly depends on the money amount. The corresponding dependence is close to  $M(a) = \sqrt{a}$ ; see, e.g., [1–2].

**Why: a problem.** The question is how can we explain this empirical fact. Such an explanation – based on the saving situation – is described in this paper.

Before we proceed with this explanation, we need to dip deeper into the relation between utility and decision making.

**Expected utility: a reminder.** Utility describes the desirability of each outcome. Our goal, however, is usually not to select an outcome, but rather to select an action. Usually, we are not 100% sure about the outcome of each action; each action can lead to different possible outcomes  $A_1, \dots, A_n$ , with different probabilities  $p_1, \dots, p_n$ . How do we describe desirability of such an action?

To describe this desirability, we can use the fact that each outcome  $A_i$  is equivalent to a lottery  $L(u(A_i))$  in which we get  $A_+$  with probability  $u(A_i)$  and  $A_-$  with the remaining probability  $1 - u(A_i)$ . Thus, the corresponding action is equivalent to a composite lottery in which we first select one of the outcomes  $A_i$  with the corresponding probability  $p_i$ , and then, depending on the selected  $A_i$ , select  $A_+$  or  $A_-$  with the probabilities  $u(A_i)$  and  $1 - u(A_i)$ .

In this composite lottery, we get either  $A_+$  or  $A_-$ . The probability  $p$  of getting  $A_+$  can be computed by using the formula of complete probability, as  $p_1 \cdot u(A_1) + \dots + p_n \cdot u(A_n)$ . Thus, the action is equivalent to the lottery  $L(p)$  with this probability  $p$ . By definition of utility, it means that the utility  $u$  of the corresponding action is equal to this probability  $p$ , i.e., that

$$u = p_1 \cdot u(A_1) + \dots + p_n \cdot u(A_n).$$

In mathematical terms, the right-hand side is the expected value of the utility  $u(A_i)$  of the outcomes. Thus, the utility of an action is equal to the expected value of the utility of outcomes.

**How unique is utility.** The above definition of utility depends on the selection of the alternatives  $A_-$  and  $A_+$ . One can check that if instead, we select a different pair of extreme alternatives  $A'_- < A'_+$ , then the resulting utility values  $u'(A)$  are related to the original values  $u(A)$  by a linear dependence:

$$u'(A) = a \cdot u(A) + b,$$

for some  $a > 0$  and  $b$ .

Thus, utility is defined modulo an arbitrary increasing linear transformation. The numerical value of the utility depends on the choice of the two auxiliary alternatives  $A_-$  and  $A_+$ . Thus, it makes sense that the formulas involving utilities should not change if we simply re-scale the utilities by using a different pair of alternative utilities – i.e., by applying the appropriate linear re-scaling.

**How to take into account future utility.** Let us use the above invariance argument to describe how a person will make a savings decision, a decision that affects not only the current situation, but also the future one.

Let  $u_c$  be the utility of the current situation, and let  $u_f$  denote the utility of a future situation. In the savings case,  $u_f \leq u_c$ .

Different possible outcomes can be described by different pairs  $(u_c, u_f)$ . To describe preferences between outcomes, we need to assign, to each such pair, a utility value  $u$  that describes the preference of the outcome characterized by this pair. Thus, we need to describe a function  $u(u_c, u_f)$  that combines the original values  $u_c$  and  $u_f$  into a single utility value.

For this function, the above requirement means that if we re-scale the utilities  $u_c$  and  $u_f$ , then the resulting utility  $u$  will be similarly re-scaled, i.e., that for every  $a > 0$  and for every  $b$ , we have

$$u(a \cdot u_c + b, a \cdot u_f + b) = a \cdot u(u_c, u_f) + b.$$

In particular, for  $a=1$  and  $b=-u_c$ , this implies that  $u(0, u_f - u_c) = u(u_c, u_f) - u_c$ , i.e., that



$$u(u_c, u_f) = u_c + F(u_c - u_f),$$

where we denoted  $F(x) \stackrel{\text{def}}{=} u(0, -x)$ .

For this expression, scale-invariance ( $b = 0$ ) implies that

$$a \cdot u_c + F(a \cdot (u_c - u_f)) = a \cdot (u_c + F(u_c - u_f)) = a \cdot u_c + a \cdot F(u_c - u_f),$$

i.e., that  $F(a \cdot (u_c - u_f)) = a \cdot F(u_c - u_f)$ . If we denote  $y \stackrel{\text{def}}{=} u_c - u_f$ ,

then the above equality implies that  $F(a \cdot y) = a \cdot F(y)$ . For  $y = 1$ , this implies that  $F(a) = c \cdot a$  for some constant  $c \stackrel{\text{def}}{=} F(1)$ . Thus,

$$u(u_c, u_f) = u_c + F(u_c - u_f) = u_c + c \cdot (u_f - u_c) = (1 - c) \cdot u_c + c \cdot u_f.$$

So, the resulting utility  $u$  linearly depends on the utilities  $u_c$  and  $u_f$ .

For  $u_c = M(m - s)$  and  $u_f = M(k \cdot s)$ , we thus get

$$u(s) = u(u_c(s), u_f(s)) = (1 - c) \cdot M(m - s) + c \cdot M(k \cdot s).$$

We select the saved amount  $s$  for which this utility value is the largest possible.

**What if utility linearly depends on money amount?** If  $M(a)$  is a linear function of  $a$ , then  $u$  is a linear function of the saved amount  $s$ . A linear function attains its largest values on the endpoints. Thus, for a linear utility function, we end up with one of the the following two options:

- the first option is  $s = 0$ , when we do not save anything for retirement at all;
- the second option is when we save the largest possible amount, i.e., the amount for which  $u_f = M(k \cdot s) = u_c = M(m - s)$ ; in other words, we make sure that our retirement income is 100% of our original income.

**This is not how people save for retirement; so, we have an explanation for the non-linear dependence.** In reality, people save *some* money for retirement, but *not* the maximal amount of money: the retirement income is usually smaller than the original income.

So, in the simplest case of saving for retirement, models in which utility linearly depends on money amount do not describe the usual human behavior – which means that the dependence of utility on money amount should be non-linear.

Thus, we get the desired commonsense explanation of the empirical non-linearity.

**Acknowledgments.** This work was supported in part by the National Science Foundation grants HRD-0734825, HRD-1242122, and DUE-0926721.

## References

1. *Kahneman, D.* Thinking, Fast and Slow – New York: Farrar, Straus, and Giroux, 2011.
2. *Lorkowski, J., and Kreinovich, V.* Granularity helps explain seemingly irrational features of human decision making // In: *Pedrycz, W., and Chen, S.-M.* (eds.), *Granular Computing and Decision-Making: Interactive and Iterative Approaches* – Cham, Switzerland: Springer Verlag, 2015, pp. 1–31.
3. *Luce, R.D., and Raiffa, H.* Games and Decisions: Introduction and Critical Survey – New York: Dover, 1989.
4. *Nguyen, H. T., Kosheleva, O., and Kreinovich, V.* Decision making beyond Arrow's impossibility theorem, with the analysis of effects of collusion and mutual attraction // *International Journal of Intelligent Systems*, 2009, V. 24, No. 1, P. 27–47.
5. *Raiffa, H.* Decision Analysis – Columbus, Ohio: McGraw-Hill, 1997.

*O. Kosheleva, V. Kreinovich*  
*University of Texas at El Paso, El Paso, USA*

## **COSMOLOGICAL INFLATION: A SIMPLE QUALITATIVE EXPLANATION**

**Outline.** In this paper, we provide a simple qualitative explanation of the cosmological inflation – a phenomenon that at the beginning of the Universe, its size was exponentially increasing.

**Cosmological inflation: a brief reminder.** In large-scale, the Universe is reasonably uniform. This observed uniformity poses a problem to cosmology; see, e.g., [3].

Indeed, it is easy to explain the uniformity of gas inside a given volume, where molecules interact with each other, as a result of which, inhomogeneities disappear. However, in cosmology, the Universe's expansion goes so fast that different parts of the Universe have no time to interact with each other: we observe distant quasars billions of years after they shine, so by the time our signal goes back, the Universe may have collapsed again.

To explain the observed uniformity, modern cosmology has to go beyond the usual non-quantum equations, and take into account that right after the Big Bang, quantum effects led to an exponential expansion ("cosmological inflation"); see, e.g., [2]. As a result of this expansion, spatially separated areas of the observed Universe come from the same micro-region – and thus, have similar quantities.

**Problem: cosmological inflation is difficult to explain.** Physicists like to have commonsense back-of-the-envelope explanations of physical phenomena. Of course, in most cases, common sense can only give us qualitative (at best approximate) predictions. Exact quantitative predictions still need computations – which are often rather complex.

The problem with cosmological inflation is that at present, it follows from complex mathematical equations, but there seems to be no commonsense explanation for this phenomenon.

**What we do in this paper.** In this paper, we provide a (relatively) simple explanation for the cosmological inflation.

**Let us start our explanation: a general description of the world's dynamics.** At any given moment of time, the state of the world can be described by the values  $x_i$  of all possible physical quantities describing this state.

For example, for a system consisting of  $n$  particles, we can describe the state by describing masses, coordinates, and velocities of all these particles. If the particles have electric charges, we also need to describe these charges. To describe a field, we need to describe its intensity at different spatial locations, etc.

Physical equations describe how the state of the world changes with time, i.e., how the values  $x_i$  describing this state change with time:

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(x_1, x_2, \dots).$$

In a short vicinity of each moment of time  $t_0$ , the values  $x_i$  do not change much:  $x_i(t) \approx x_i(t_0)$ . So, in this vicinity, we can expand the right-hand of the above dynamic equation in Taylor series over  $\Delta x_i(t) \stackrel{\text{def}}{=} x_i(t) - x_i(t_0)$  and keep only linear terms in this expansion:

$$\begin{aligned} \frac{d(\Delta x_i)}{dt} &= \frac{dx_i}{dt} = f_i(x_1(t_0) + \Delta x_1(t), x_2(t_0) + \Delta x_2(t), \dots) \approx \\ & a_i + b_{i1} \cdot \Delta x_1(t) + b_{i2} \cdot \Delta x_2(t) + \dots, \end{aligned}$$

where  $a_i \stackrel{\text{def}}{=} f_i(x_1(t_0), x_2(t_0), \dots)$  and  $b_{ij} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\partial f_i}{\partial x_j}$ .

In other words, in a small vicinity of each moment of time  $t_0$ , the world's dynamics is described by a system of linear differential equations with constant coefficients:

$$\frac{d(\Delta x)}{dt} = a + B\Delta x,$$

where  $\Delta x$  and  $a$  are vectors with components  $\Delta x_i$  and  $a_i$  and  $B$  is a matrix formed by coefficients  $b_{ij}$ .

A general solution of such a system is well known. Namely, each state can be described as a linear combination of eigenvectors  $e_i$  of the matrix  $B$ :

$$\Delta x = s_1 \cdot e_1 + s_2 \cdot e_2 + \dots$$

Thus, to describe the state of the world, instead of the original variables  $\Delta x_i$ , we can use their linear combinations  $s_1, s_2, \dots$ . For each new variables  $s_i$ , the dynamics is straightforward:

$$\frac{ds_i(t)}{dt} = c_i + \lambda_i \cdot s_i(t),$$

where  $c_i$  is a constant and  $\lambda_i$  is the corresponding eigenvalue. Hence, for the shifted variables

$$s'_i(t) \stackrel{\text{def}}{=} s_i(t) + \frac{c_i}{\lambda_i},$$

we get

$$\frac{ds'_i(t)}{dt} = \lambda_i \cdot s'_i(t)$$

and

$$s'_i(t) = s'_i(t_0) \cdot \exp(\lambda_i \cdot (t - t_0)).$$

*Comment.* Please note that the eigenvalues may be complex – e.g., oscillations correspond to imaginary eigenvalues  $\lambda_i = i \cdot \omega_i$  for some real value  $\omega_i$ .

**Let us start taking quantum effects into account.** First, let us take into account that a transition from classical to quantum physics introduces oscillations; see, e.g. [1]. Namely, a classically stationary state with energy  $E$  is described, in quantum physics, by a wave function

$$\psi(x, t) = \exp\left(i \cdot \frac{E \cdot t}{\hbar}\right) \cdot \psi(x).$$

For short periods of time, these oscillations are much stronger than systematic changes.

As we have mentioned, oscillations correspond to imaginary eigenvalues. Thus, it is reasonable to assume that in the first approximation, all eigenvalues are imaginary:

$$\frac{ds'_i(t)}{dt} = i \cdot \omega_i \cdot s'_i(t)$$

and

$$s'_i(t) = \exp(i \cdot \omega_i \cdot (t - t_0)) \cdot s'_i(t_0).$$

In this approximation, the absolute value  $|s'_i(t)|$  of the corresponding quantity  $s'_i(t)$  does not change:  $|s'_i(t)| = |s'_i(t_0)|$ .

**Taking quantum effects into account (cont-d).** Another feature of quantum systems is the uncertainty principle: that we cannot measure the exact values of all the physical quantities [1]. For example, any attempt to measure location will change the particle's momentum, and vice versa. For small moments of time, even time itself cannot be measured with too much accuracy. Since we cannot measure time with accuracy exceeding some threshold  $\Delta t$ , this means that, in effect, we cannot distinguish moments of time separated by time intervals smaller than  $\Delta t$ . In effect, this means that instead of the non-quantum continuous time, we now have a discrete time, with possible time values  $t_0, t_0 + \Delta t, t_0 + 2 \cdot \Delta t$ , etc.

So, instead of the differential equation

$$\frac{ds'_i(t)}{dt} = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{s'_i(t+h) - s'_i(t)}{h} = i \cdot \omega_i \cdot s'_i(t),$$

we now have a difference equation

$$\frac{s'_i(t + \Delta t) - s'_i(t)}{\Delta t} = i \cdot \omega_i \cdot s'_i(t).$$

Now, we are ready for our explanation.

**Explanation.** The above difference equation implies that

$$s'_i(t + \Delta t) - s'_i(t) = i \cdot \omega_i \cdot \Delta t \cdot s'_i(t),$$

hence

$$s'_i(t + \Delta t) = (1 + i \cdot \omega_i \cdot \Delta t) \cdot s'_i(t).$$

In terms of absolute values, we now have

$$|s'_i(t + \Delta t)| = |1 + i \cdot \omega_i \cdot \Delta t| \cdot |s'_i(t)| = q \cdot |s'_i(t)|,$$

where we denoted  $q \stackrel{\text{def}}{=} \sqrt{1 + \omega_i^2 \cdot (\Delta t)^2} > 1$ .

By induction, we can thus conclude that

$$|s'_i(t + k \cdot \Delta t)| = q^k \cdot |s'_i(t_0)|,$$

i.e., that for moments of time commensurable with the time quantum  $\Delta t$ , we indeed get exponential growth – which is exactly what cosmological inflation is about.

**Acknowledgments.** This work was supported in part by the National Science Foundation grants HRD-0734825, HRD-1242122, and DUE-0926721, and by an award "UTEP and Prudential Actuarial Science Academy and Pipeline Initiative" from Prudential Foundation.

## References

1. *Feynman, R., Leighton, R., and Sands, M.* The Feynman Lectures on Physics. – Boston, Massachusetts: Addison Wesley, 2005.
2. *Guth, A. H.* The Inflationary Universe: The Quest for a New Theory of Cosmic Origins. – New York: Basic Books, 1997.
3. *Misner, C. W., Thorne, K. S., and Wheeler, J. A.* Gravitation. – San Francisco, California: Freeman Publ., 1973.

UDC 004+007

***P.B. Olague, V. Kreinovich***

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

## WHY HALF-FREQUENCY IN INTELLIGENT COMPACTION

**Outline.** To gauge how well vibrating rollers have compacted the road segment, it is reasonable to process the acceleration measured by the attached sensors. Theoretically, we expect the resulting signal to be periodic with the same frequency  $f$  with which the roller vibrates – and thus, after a Fourier transform, we expect to observe only frequencies which are multiples of the vibration frequency  $f$ .

Surprisingly, often, we also observe a peak at half-frequency  $f/2$ .

In this paper, we explain this empirical phenomenon: we show that it is a particular case of a spontaneous symmetry violation, and that the general physical theory of such symmetry violations explains why namely half-frequency signals are often observed.

**What is intelligent compaction: a brief reminder.** When a road is constructed, stiff material (e.g., crushed rocks) is placed on top of the soil and then compacted to make it even stiffer. After that, asphalt is placed on top of the compacted material – and compacted again.

The compaction effect is caused by the weight of the roller that moves back and forth on top of the pavement. To increase the effect, it also makes sense to add vertical motion – i.e., to use vibrating rollers. This is not done in the cities, since vibration is uncomfortable for people in nearby buildings, but vibrating rollers are routinely used in the country, outside the cities.

Soils differ in quality; materials which are placed on top of the soil may also be different. So, it is difficult to predict how much compaction is needed in each particular case. At present, the result of compaction is gauged by time-consuming post-compaction measurements.

To save time, it is therefore desirable to gauge the compaction quality in real time – by equipping rollers with sensors and by processing the corresponding measurement results. For example, we can measure the acceleration at different moments of time.

This idea of placing a sensor-connected computational device on top of a roller is known as *intelligent compaction*; see, e.g., [2].

**Problem.** Vibration is a periodic process, with a certain frequency  $f$ . We therefore expect the resulting acceleration to be periodic with the same frequency.

It is known that an arbitrary periodic function can be decomposed into Fourier series, i.e., can be represented as a linear combination of sinusoids with frequencies  $f$ ,  $2f$ ,  $3f$ , ...

We therefore expect that we apply a continuous Fourier transform to the signal measured by the accelerometer, we would get



peaks only at frequencies  $f$ ,  $2f$ , etc. We do observe these peaks, but, strangely enough, we often also observe a peak at half-frequency  $f/2$  [2]. Why?

**What we plan to do.** In this paper, we provide an explanation for this empirical phenomenon.

**What we observe is a spontaneous symmetry violation.** The behavior of a vibrating roller is periodic with some period  $T$ , meaning that if we perform a shift by  $T$  – or by any multiple of  $T$  – the behavior will remain the same.

If the resulting acceleration was symmetric with respect to all these shifts, this would mean that it is periodic with the same period  $T$  – and thus, with the same frequency  $f$ . In this case, as we have mentioned, after applying Fourier transform to this acceleration, we would have observed only frequencies which are multiples of  $f$ :  $f$ ,  $2f$ ,  $3f$ , etc.

The fact that we observe a half-frequency means that the original symmetry is violated. So, we have what physicists call *spontaneous symmetry violation*; see, e.g., [1]. Such violations occur, e.g., during phase transitions, when an isotropic liquid gets frozen into non-isotropic solid crystals.

**Let us use the physical theory of spontaneous symmetry violations to explain the appearance of the half-frequency.** To understand why half-frequencies are observed, let us recall the physicists' analysis of spontaneous symmetry violations.

According to this general physical analysis [1], while it is theoretically possible to go from a symmetric state directly to a state with no symmetries at all, such transitions have very low probability. In general, the fewer symmetries are violated in a symmetry-violating transition, the more probable this transition. Thus, the most probable is the transition to the state in which the largest number of symmetries is preserved.

Let us apply this general idea to our problem. The original symmetries involve shifts by multiples of  $T$ . We consider spontaneous symmetry violations, in which some of these symmetries

disappear in the new state. So, not all shifts by a multiple of  $T$  preserve the new state.

In line with the above physical idea, the most probable symmetry violation is the one that preserves the largest number of the original symmetries (i.e., the largest number of the original shifts).

Let  $k \cdot T$  be the smallest shift that still preserves the new state. Here, we can have  $k = 2, 3, \dots$ . One can easily see that in this case, possible shifts are multiples of  $k \cdot T$ . In this case, for each large integer

$N$ , out of  $N$  original shifts by  $T, 2T, \dots, N \cdot T$ , we preserve  $\frac{N}{k}$  of them: a shift by  $k \cdot T$ , a shift by  $2 \cdot k \cdot T$ , etc. So, the smaller  $k$ , the more shifts are preserved. Thus, the above physical idea means that the most probable spontaneous symmetry violation corresponds to the smallest possible value  $k = 2$ .

The resulting period  $2T$  corresponds exactly to half-frequency. Thus, we have indeed explained the appearance of half-frequency in intelligent compaction.

**Acknowledgments.** This work was supported in part by the National Science Foundation grants HRD-0734825, HRD-1242122, and DUE-0926721, and by an award "UTEP and Prudential Actuarial Science Academy and Pipeline Initiative" from Prudential Foundation.

## References

1. *Feynman, R., Leighton, R., and Sands, M.* The Feynman Lectures on Physics – Boston, Massachusetts: Addison Wesley, 2005.
2. *Mooney, M. A. et al.* Intelligent Soil Compaction Systems, National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Report 676 – Washington, D.C.: Transportation Research Board, 2010.

## **ОБ УСТОЙЧИВОСТИ ВОЗМУЩЕННЫХ ОПЕРАТОРОВ И ОТОБРАЖЕНИИ АЛГОРИТМОВ НА АРХИТЕКТУРУ СОВРЕМЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

Анализу свойств устойчивости ограниченных линейных операторов с замкнутой областью значений в банаховом пространстве, для которых, по крайней мере, хотя бы одно из чисел размерность ядра оператора или коразмерность области значений оператора или дефект оператора конечно, и связанных с ними существенных спектров операторов, посвящено много содержательных работ. Если обе указанные числовые характеристики ограниченного оператора с замкнутой областью значений бесконечны, то, согласно хорошо известной классической теореме Гольдмана, можно указать такой линейный компактный оператор с бесконечномерной областью значений, даже сколь угодно малый по норме, возмущение которым нарушает свойство замкнутости области значений. Более подробная информация на эту тему содержится в работах первого автора, выполненных совместно со своими учениками (см. в [1]). Однако, если ядро оператора «невелико», относительно области значений оператора, точнее относительно обобщенной области значений, то для некоторых коммутирующих с таким оператором возмущений можно рассчитывать на устойчивость очень важного в различных математических приложениях свойства замкнутости области значений возмущенного оператора.

Следует отметить, что основные трудности в развитии любого нового направления в современной математике связаны с отсутствием строгих математических постановок конкретных задач, связанных с философией применения математики, поскольку представление о строгости того или иного математического рассуждения может в значительной мере являться довольно субъективным,

например, при построении курсов современной математики разного уровня. Но, если имеющихся аргументов для убеждения в устойчивости задач математики при их возмущении недостаточно, то тогда возникает вопрос о надежности используемых методов рассуждения. С точки зрения архитектуры вычислительных систем речь идет также об обеспечении надежной работы компьютерных комплексов даже при выходе из строя отдельных элементов. При практическом внедрении вычислительных систем с многими различными функциональными устройствами, которые сейчас стали называться «параллельными», одной из центральных задач проблемы отображения вычислительной математики на архитектуру вычислительных систем, по мнению академика В.В. Воеводина, стала актуальная «задача обнаружения независимых ветвей вычислений в алгоритмах» [2, с. 39]. А еще основной целью создания новой методологии параллельных методов стало решение практической задачи за наиболее меньшее число параллельных шагов.

Однако для ускорения математических вычислений процессы могут выполняться псевдопараллельно на одном вычислительном устройстве или параллельно на разных вычислительных устройствах, взаимодействуя между собой. Процессы, которые влияют на поведение друг друга путем обмена информацией, сейчас принято называть кооперативными или взаимодействующими процессами. В связи с этим, понятие процесса может быть использовано в качестве основного конструктивного элемента для построения параллельных программ также в виде совокупности взаимодействующих процессов. В ходе своего выполнения состояние процесса может многократно изменяться. Кроме того, приостановка процесса может быть вызвана и временной неготовностью процесса к дальнейшему выполнению. В подобных ситуациях говорят, что процесс является заблокированным и находится в состоянии блокировки. Таким образом параллельную программу можно рассматривать как некоторый агрегированный процесс, получаемый путем параллельного объединения составляющих кооперативных (взаимодействующих) процессов. При разработке таких программ существует ряд особенностей одновременного выполнения нескольких процессов, которые могут быть сформулированы в виде ряда принципиальных положений,

рассмотренных вторым соавтором со своим учеником в монографии [3]. Но, с точки зрения влияния ошибок округления на надежность и устойчивость математических вычислений можно, например, говорить также о существенном повышении сложности параллельного программирования, даже в контексте его реализации, по сравнению с разработкой «традиционных» последовательных программ.

## Литература

1. *Ерovenko В.А.* К вопросу об устойчивости операторов с замкнутой областью значений в банаховом пространстве: аналитический обзор // Вестник Белорусского государственного университета. Серия 1. 2011. № 3. С. 90–97.
2. *Воеводин В.В.* Отображение вычислительной математики на архитектуру вычислительных систем // Вычислительные методы и программирование: новые вычислительные технологии. 2000. Т. 1. № 2. С. 37–44.
3. *Коваленко Н.С., Павлов П.А.* Математическое моделирование параллельных процессов. – Saarbrucken: LAPLAMBERT Academic Publishing GmbH, 2011. 246 с.

УДК 517.95

***Т.В. Кавитова***

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

## **ПРИНЦИП СРАВНЕНИЯ ДЛЯ ПЕРВОЙ НАЧАЛЬНО-КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ НЕЛИНЕЙНОГО ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ С НЕЛОКАЛЬНОСТЯМИ В УРАВНЕНИИ И ГРАНИЧНОМ УСЛОВИИ**

Рассматривается нелинейное параболическое уравнение

$$u_t = \Delta u + au^r \int_{\Omega} u^p(x,t) dx - bu^q, \quad x \in \Omega, t \in (0, T), \quad (1)$$

с нелинейным нелокальным граничным условием

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

и начальным условием

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

где  $\Omega$  – ограниченная область в пространстве  $\mathbf{R}^n$ ,  $n \geq 1$ , с достаточно гладкой границей  $\partial\Omega$ ,  $a, b$  – неотрицательные, а  $r, p, q, l$  – положительные константы.

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

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

$$u_0(x) \in C(\overline{\Omega}), u_0(x) \geq 0,$$

$$u_0(x) = \int_{\Omega} k(x, y, 0) u_0^l(y) dy, \quad x \in \partial\Omega.$$

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

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

$$u_t \geq \Delta u + au^r \int_{\Omega} u^p(x, t) dx - bu^q, \quad (x, t) \in Q_T,$$

$$u(x, t) \geq \int_{\Omega} k(x, y, t) u^l(y, t) dy, \quad (x, t) \in S_T, \quad (4)$$

$$u(x, 0) \geq u_0(x), x \in \Omega.$$

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

**Теорема.** Пусть  $\overline{u}(x, t)$  и  $\underline{u}(x, t)$  – соответственно верхнее и нижнее решения задачи (1)–(3) в  $Q_T$ . Кроме того, если

$\min(r, p, l) < 1$ , то предположим, что  $\bar{u}(x, t) > 0$  или  $\underline{u}(x, t) > 0$  при  $(x, t) \in Q_T \cup \Gamma_T$ . Тогда  $\bar{u}(x, t) \geq \underline{u}(x, t)$  при  $(x, t) \in Q_T \cup \Gamma_T$ .

УДК 517.94

**С.М. Бородич**

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

## **О МАКСИМАЛЬНОМ АТТРАКТОРЕ ОДНОГО НЕАВТНОМНОГО ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ**

С неавтономным эволюционным уравнением

$$\partial_t u = A(t, u) \quad (t \geq \tau \geq 0) \quad (1)$$

можно связать семейство эволюционных операторов  $\{S_{t,\tau}, t \geq \tau \geq 0\}$ , действующих в банаховом пространстве  $E$  начальных данных уравнения:  $\forall u_0 \in E \quad S_{t,\tau} u_0 = u(t)$ , где  $u(t)$  – решение уравнения (1) с начальным условием  $u(\tau) = u_0$ .

Максимальным аттрактором семейства  $\{S_{t,\tau}\}$  назовем компактное в  $E$  множество  $\mathcal{A}$ , притягивающее при  $t \rightarrow +\infty$  траекторию  $S_{t,0}B$  любого ограниченного в  $E$  множества  $B$  и содержащееся в любом другом компактном множестве, обладающем таким же свойством притяжения.

Рассмотрим неавтономное параболическое уравнение

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial x_i} a_i(t, \nabla u) - f(t, u) - g(x), \quad x \in T^n, \quad (2)$$

где  $T^n$  –  $n$ -мерный тор,  $a_i(t, \zeta) \in C^{0,1}([0, +\infty) \times \mathbf{R}^n)$ ,  $f(t, u) \in C^{0,1}([0, +\infty) \times \mathbf{R})$ ,  $g(x) \in L_2(T^n)$ . Предполагаем, что выполнены условия:

$$\sum_{i,j=1}^n \frac{\partial a_i(t, \zeta)}{\partial \zeta_j} \xi_i \xi_j \geq \alpha_0 |\zeta|^2,$$

$$C(|\zeta|^{p_1} + 1) \geq \sum_{i=1}^n a_i(t, \zeta) \zeta_i \geq \alpha_0 |\zeta|^{p_1} - C \quad \forall \zeta, \xi \in \mathbf{R}^n,$$

где  $\alpha_0 > 0$ ,  $p_1 \geq 2$ ;

$$f'_u(t, u) \geq -C, \quad C(|u|^{p_0} + 1) \geq f(t, u)u \geq \alpha_0 |u|^{p_0} - C, \quad p_0 > 2.$$

Кроме того, предполагаем, что существуют пределы

$$\lim_{t \rightarrow +\infty} a_i(t, \zeta) = \tilde{a}_i(\zeta), \quad \lim_{t \rightarrow +\infty} f(t, u) = \tilde{f}(u),$$

причем

$$|a_i(t, \zeta) - \tilde{a}_i(\zeta)| \leq k(t)(|\zeta|^{p_1-1} + 1),$$

$$|f(t, u) - \tilde{f}(u)| \leq k(t)(|u|^{p_0-1} + 1),$$

где  $k(t) \in C([0, +\infty))$ ,  $k(t) \rightarrow 0$  при  $t \rightarrow +\infty$ . Предполагаем также, что

$$\sum_{i,j=1}^n \frac{\partial \tilde{a}_i(\zeta)}{\partial \zeta_j} \xi_i \xi_j \geq \alpha_0 |\zeta|^2 \quad \forall \zeta, \xi \in \mathbf{R}^n, \quad \tilde{f}'_u(u) \geq -C.$$

Стандартными методами (см. [1]) устанавливается, что уравнение (2) порождает в пространстве  $E = L_2(T^n)$  семейство эволюционных операторов  $\{S_{t,\tau}, t \geq \tau \geq 0\}$ ,  $S_{t,\tau} : u_0 \rightarrow u(t)$ , где  $u(t)$  – решение уравнения (2) с начальным условием  $u(\tau) = u_0$ . Аналогичным образом автономным уравнением

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \sum_{i=1}^n \frac{\partial}{\partial x_i} \tilde{a}_i(\nabla v) - \tilde{f}(v) - g(x), \quad x \in T^n, \quad (3)$$

порождается в  $E$  полугруппа операторов  $\{S_t, t \geq 0\}$ .

**Теорема.** При сформулированных выше условиях на функции  $a_i(t, \zeta)$ ,  $f(t, u)$ ,  $\tilde{a}_i(\zeta)$ ,  $\tilde{f}(u)$  и  $g(x)$  семейство эволюционных операторов  $\{S_{t,\tau}\}$ , отвечающее уравнению (2), обладает максимальным аттрактором  $\mathcal{A}$ , причём множество  $\mathcal{A}$  строго инвариантно относительно операторов полугруппы  $\{S_t\}$ , соответствующей уравнению (3):  $S_t \mathcal{A} = \mathcal{A} \quad \forall t \geq 0$ .



## **Литература**

1. *Лионс Ж.-Л.* Некоторые методы решения нелинейных краевых задач. М.: Мир, 1972.

УДК 004.896

***Е.В. Шевчук, А.В. Шпак, К.Е. Икласова***

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

### **К ВОПРОСУ ОБ ИНДИКАТИВНОМ УПРАВЛЕНИИ РАЗВИТИЕМ СОВРЕМЕННОГО ВУЗА**

В современных условиях управление такой сложной системой как вуз – это, прежде всего, управление его развитием, целеориентированное на результат. Вуз как организация представляет собой сложный объект – социальную систему информационного обмена между индивидами, различными типами их организаций (социальными, этническими, религиозными и др.) и мировым сообществом в целом. Будучи системой, вуз сам является элементом (подсистемой) системы более высокого порядка – образования, общества в целом, и, таким образом, реализует свои целевые функции, исходя из целей, задач и стандартов, присущих конкретному обществу.

Управление вузом как сложной динамической системой требует прогнозной информации о перспективах ее развития для принятия необходимых управляющих решений. От качества прогнозных оценок, их эффективного использования в процессе управления вузом зависит качество материальных и интеллектуальных (человеческих ресурсов) и развития вуза как организации в целом. Прогнозирование – необходимый элемент разработки перспективных стратегических планов.

Методология индикативного планирования позволяет рассматривать процесс управления вузом с системных позиций, как

многоуровневый, многокомпонентный процесс, допуская адаптацию системного подхода под конкретно решаемую управленческую задачу на заданном уровне образовательной деятельности (факультеты, подразделения, кафедры и т.п.). Управленческая задача определяет необходимость использования конкретного подхода для ее реализации. В рамках подхода возможно описание любого аспекта деятельности вуза, включая модели функций, процессов, событий, инициирующих процессы информационных данных и потоков, организационную структуру, планы и регламенты деятельности с детализацией по целям и задачам, ресурсам, образовательным технологиям и их поддерживающим техническим средствам.

Индикативное планирование предусматривает создание моделей развития процессов, определение эффективной организационной структуры управления, разработку рациональных путей управления различными аспектами образовательной деятельности и другие. То есть индикативное планирование рассматривается как определенный вид целенаправленной деятельности, к которой можно применить метод, активно используемый настоящее время для построения так называемой «архитектуры предприятия» [1]. Архитектура предприятия – это концептуальное средство, которое помогает организации понять свою структуру и способы работы. Архитектура вуза также имеет форму большого набора взаимосвязанных моделей, описывающих его деятельность.

С точки зрения принципов системного анализа [2] система управления вузом определяется системными объектами, свойствами и связями. Под системными объектами понимаются: вход, выход, процесс, обратная связь, критерий и ограничение.

Основные элементы интеллектуального модуля индикативного управления вузом уже определены имеющейся в СКГУ им. М.Козыбаева базой – подсистемами ИУС «Электронный ректорат» [3].

Следующий шаг – формирование программы образовательно-качественного развития вуза, целевые контуры которой уже определены заданием эталона и сроком его достижения, а центральный элемент – система образовательных приоритетов.

Получив на входе все вышеперечисленные данные, компьютерная модель прогнозирует траекторию развития вуза и строит индикаторы, позволяющие оценить ее устойчивость.

Предлагаемый подход рассматривает всю деятельность вуза как последовательность взаимосвязанных процессов, которые проходят через все подразделения, задействуют все службы и ориентированы на реализацию стратегических целей, которые вуз ставит перед собой. Управляя образовательными процессами, вуз добивается максимально эффективного использования всех имеющихся в его распоряжении образовательных ресурсов.

### Литература

1. Данилин А.В. Электронные государственные услуги и административные регламенты. М.: Инфра-М, 2013. – 336 с.
2. Миротин Л.Б., Таибаев П.Э. Системный анализ в логистике. М.: Экзамен, 2014. 479 с.
3. Шпак А.В., Шевчук Е.В. Информационно-образовательная среда вуза. Опыт и перспективы. – Saarbrücken: LAPLAMBERT Academic Publishing GmbH, 2015.

УДК 514.745.82

**В.П. Голубятников**

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

## ФАЗОВЫЙ ПОРТРЕТ ОДНОЙ ПРОСТОЙ МОДЕЛИ МОЛЕКУЛЯРНОГО РЕПРЕССИЛЯТОРА

Рассматривается модель кольцевой геномной сети, представленной в виде шестимерной динамической системы

$$\begin{aligned} \frac{dm_1}{dt} &= -k_1 m_1 + f_1(p_3); & \frac{dm_2}{dt} &= -k_2 m_2 + f_2(p_1); \\ \frac{dm_3}{dt} &= -k_3 m_3 + f_3(p_2); & \frac{dp_j}{dt} &= \mu_j (m_j - p_j). \end{aligned} \quad (1)$$

Здесь и далее  $j = 1, 2, 3$ ; положительные гладкие монотонно убывающие функции  $f_j(p)$  описывают отрицательные обратные связи;  $k_j$  и  $\mu_j$  положительные параметры;  $p_j(t)$  – концентрации трех белков, связанных в указанной генной сети,  $m_j(t)$  – концентрации соответствующих им мРНК. Такая система в одном частном (симметричном) случае  $k_1 = k_2 = k_3 = 1$ ;  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$ ;  $f_1 = f_2 = f_3 = f(p) = \alpha_0 + \alpha(1 + p^\gamma)^{-1}$  была предложена в [1] (все параметры положительны) и изучалась во многих публикациях, см. например [2]. Пусть  $A_j := f_j(0)$ ;  $Q := [0, A_1] \times [0, A_1] \times [0, A_2] \times [0, A_2] \times [0, A_3] \times [0, A_3]$ .

**Лемма 1.** 1) Параллелепипед  $Q$ , лежащий в положительном октанте  $R_+^6$ , является инвариантной областью системы (1).

2) Система (1) имеет единственную стационарную точку  $S_0$ , которая лежит в  $Q$ .

Пусть  $(m_1^0, p_1^0, m_2^0, p_2^0, m_3^0, p_3^0)$  – координаты точки  $S_0$ . Для описания фазового портрета системы (1), следуя [3,4], где изучались подобные системы других размерностей, разобьем область  $Q$  гиперплоскостями  $m_j = m_j^0$ ;  $p_j = p_j^0$ ; и обозначим параллелепипеды (блоки) этого разбиения бинарными индексами:

$$E = \{\varepsilon_1 \varepsilon_2 \varepsilon_3 \varepsilon_4 \varepsilon_5 \varepsilon_6\} = \{X \in Q \mid m_j \triangleleft \varepsilon_j m_j^0; p_j \triangleleft \varepsilon_j p_j^0\}. \quad (2)$$

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

**Лемма 2.** Для любых двух соседних блоков  $E_1, E_2$  разбиения (2) через их общую 5-мерную грань все траектории системы (1) переходят только в одном направлении: либо  $E_1 \rightarrow E_2$ , либо  $E_2 \rightarrow E_1$ .

Назовем валентностью блока  $E$  количество соседних с ним блоков, в которые могут переходить траектории точек, лежащих в  $E$ . Следующая диаграмма показывает, по каким блокам валентности 1 может проходить цикл динамической системы (1).

$$\begin{aligned} & \parallel \rightarrow \{110011\} \rightarrow \{010011\} \rightarrow \{000011\} \rightarrow \{001011\} \rightarrow \{001111\} \\ & \} \rightarrow \{001101\} \blacktriangleright \blacktriangleright \{001100\} \rightarrow \{101100\} \rightarrow \{111100\} \rightarrow \{110100\} \rightarrow \{ \\ & 110000\} \rightarrow \{110010\} \parallel \end{aligned}$$

Здесь символ  $\blacktriangleright$  означает перенос в начало следующей строки, а символ  $\parallel$  показывает переход в начало предыдущей

строки; таким образом эта диаграмма замыкается в кольцо из двенадцати блоков.

**Теорема.** Если у матрицы линеаризации системы (1) в точке  $S_0$  два собственных значения имеют положительные вещественные части, а у остальных собственных значений вещественные части отрицательны, то система (1) имеет по крайней мере один цикл, проходящий по блокам разбиения (2) согласно указанной диаграмме.

Симметричная динамическая система вида (1), рассмотренная в работах [1, 2], имеет как раз такой набор собственных значений. Как показано в [5], для широкого круга подобных динамических систем циклы могут проходить только через блоки одинаковой валентности. В дальнейшем мы планируем изучение вопросов устойчивости и (не)единственности цикла системы (1) на основе разработанных в [3, 4] подходов.

*Работа поддержана РФФИ, грант 15-01-00745.*

## **Литература**

1. *Elowitz M.B., Leibler S.* A synthetic oscillatory network of transcriptional regulators // *Nature*. 2000. V. 403, P. 335–338.
2. *Глызин С.Д., Колесов А.Ю., Розов Н.Х.* Явление буферности в кольцевых моделях генных сетей // *Теоретическая и Математическая Физика*. 2016. Т. 187. № 3. С. 560–589.
3. *Gaidov Yu.A., Golubyatnikov V.P.* On the existence and stability of cycles in gene networks with variable feedbacks // *Contemporary Mathematics*. 2011. V. 553. P. 61–74.
4. *Golubyatnikov V.P., Golubyatnikov I.V., Likhoshvai V.A.* On the existence and stability of cycles in five-dimensional models of gene networks // *Numerical Analysis and Applications*. 2010. V. 3. № 4. P. 329–335.
5. *Акинъшин А.А., Голубятников В.П.* Циклы в симметричных динамических системах // *Вестник НГУ*. 2012. Т. 12. № 2. С. 3–12.

**А.К. Гуц***Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,  
г. Омск, Россия***ТЕПЛОВЫЕ ЭФФЕКТЫ ПРИ ПЕРЕХОДЕ  
ИЗ ОДНОЙ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЭПОХИ В ДРУГУЮ**

В статье [1] показывается, что классическое пространство-время как квантовая система системы  $\Omega$  появляется в результате интерференции квантовой суперпозиции исторических эпох  $\Omega_k$

$$\sum_k c_k \Psi_k [{}^{(3)}G], \quad (1)$$

где  $\Psi_k [{}^{(3)}G]$  – волновая функция эпохи  $\Omega_k$ , определенная на 3-мерных римановых геометриях, образующих суперпространство Уилера. Измерение 3-геометрии  ${}^{(3)}G_k$ , производимое наблюдателем, живущим в эпохе  $\Omega_k$ , приводит к *коллапсу волнового пакета* (1):

$$\sum_k c_k \Psi_k [{}^{(3)}G] \rightarrow \Psi_{k'} [{}^{(3)}G].$$

Иначе говоря, после измерения становится наличным только состояние  $\Omega_{k'}$ . Но поскольку измерение проводит наблюдатель X, находящийся в исторической эпохе  $\Omega_k$ , и считающий, что он находится в физической реальности, т.е. в наличном бытии, то коллапс означает, что в эпохе  $\Omega_k$  *локализуется* (материализуется), становится наличной вещью, ограниченная область (с 3-геометрией  ${}^{(3)}G_k$ ) эпохи  $\Omega_k$ . Однако симметричным образом, поскольку эпоха  $\Omega_{k'}$  – это *такая же объективная реальность*, каковой является эпоха  $\Omega_k$ , а также в силу того, что измерение производимое наблюдателем эпохи  $\Omega_k$  по сути дела двусторонне, т. е. является взаимодействием (благодаря их так

называемой квантовой сцепленности), происходит локализация части пространства эпохи  $\Omega_k$  в эпохе-реальности  $\Omega_{k'}$ . Грубо говоря, наблюдатель  $X$  оказывается в другой исторической эпохе вместе со своей аппаратурой. Мы имеем то, что называется *машиной времени* [1]. С ее помощью осуществляется переход из одной исторической эпохи в другую.

Что может ожидать материальный объект при переходе их одной исторической эпохи в другую?

Рассмотрим случай минисуперпространства, когда пространство-время – это Вселенная Фридмана, а исторические эпохи являются ее пространственными сечениями, 3-геометрия которых характеризуется радиусом  $R$ , играющим роль абсолютного времени эпохи. Перейти из эпохи в эпоху – значит измерить радиус  $R$  с точностью  $\Delta R$ . Однако, как показано в [2, с. 244]

$$\Delta R \cdot \Delta D_R \sim const, \quad (2)$$

где  $\Delta D_R$  – величина, характеризующая скорость нарастания дезорганизации размеров Вселенной. Формула (2) говорит, что чем точнее мы желаем узнать значение радиуса Вселенной, тем больше скорость потери полученного знания. Иначе говоря, есть предел нашим знаниям о том, в каком месте на временной шкале существования Вселенной находится конкретная 3-геометрия. Если мы желаем гарантированно попасть во вполне определенную прошлую эпоху, то должны иметь достаточно малую величину  $\Delta D_R$ , и, значит, большое значение для  $\Delta R$ , которое должно быть много меньше, чем  $R$ . Это означает, что мы должны путешествовать либо в далекое прошлое, либо в далекое будущее.

Радиус Вселенной – это величина, обратная кривизне 3-геометрии исторической эпохи. Поэтому из уравнений Эйнштейна находим, что  $1/R \sim \varepsilon$ ,  $-(1/R^2)\Delta R \sim \Delta\varepsilon$ , где  $\varepsilon$  – плотность энергии.

Прошлая эпоха, имеющая меньший радиус, чем современный, обладает большей энергией  $\varepsilon$ . Следовательно, спонтанные квантовые флуктуации 3-геометрии могут приводить не только к

тому, что из прошлого к нам явится нечто «грандиозное», но это «грандиозное» может нести следы сильного теплового воздействия. Тем самым, в какой-то мере, объясняется неожиданное обнаружение в горах Алтая мегалитической стены со следами оплавления ряда каменных плит.

### **Литература**

1. Гуц А.К. Не-геделевская машина времени // Математические структуры и моделирование. 2016. № 3 (39). С. 48–58.
2. Гуц А.К. Физика реальности. Омск: Полиграфический центр КАН, 2012.

УДК 234.12

***Е.В. Рабинович***

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

## **ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИКИ СИСТЕМЫ ТРЕХ СВЯЗАННЫХ СИНУС-ОТБРАЖЕНИЙ ОКРУЖНОСТИ**

Современная европейская медицина на фоне «ограниченных» успехов фармакологии переключает свое внимание на биоэлектронную медицину. Электрическое воздействие заменяет химическое, вместо таблеток и микстур начинают применяться импланты, изготовленные из новых материалов (биосовместимая мягкая микро- и наноэлектроника).

Недавно произошло знаковое событие – британский фармацевтический гигант GlaxoSmithKline совместно с Google учредили компанию с направлением исследований в области биоэлектронной медицины.

Мощнейшие исследовательские корпорации, такие как DARPA (англ. Defense Advanced Research Projects Agency – агентство передовых оборонных исследовательских проектов США) и NIH (англ. National Institutes of Health – учреждение Департамента здравоохранения США) уже два года занимаются



проблемами в области биоэлектронной медицины, получившей название предварительное «Электроцевтика».

В связи с этим предпринимаются попытки построения биофизических и математических моделей, обладающих хаотическими режимами динамики, весьма чувствительными к слабым воздействиям [1; 2], которые оказывают сенсоры размером с песчинку, помещаемые в тело человека.

В частности моделирование производится на основе динамических систем, образованных из взаимосвязанных диссипативных структур, предложенных И. Пригожиным для неравновесных термодинамических систем. Такие модели рассматривают циклические изменения состояний организма человека, исходя из режимов динамики водных диссипативных структур организма.

Анализ динамики модели позволяет определять состояния каждой структуры и, при необходимости, оказывать корректирующее воздействие на неё. Коррекция эволюции диссипативной структуры может быть осуществлена за счёт изменения величины динамических управляющих параметров и коэффициентов связи между структурами [4].

Проведено исследование упрощённой динамической системы, состоящей из трех связанных дискретных синус-отображений окружности:

$$\begin{aligned}
 f(\varphi_{i,n}) &= \varphi_{i,n} + \Omega_i + \frac{k_i}{2\pi} \sin(2\pi\varphi_{i,n}) \pmod{1}, \quad i = 1, 2, 3; \\
 \varphi_{1,n+1} &= f(\varphi_{1,n}) + L_{12}(f(\varphi_{2,n}) - f(\varphi_{1,n})) + S_{12}(\varphi_{2,n} - \varphi_{1,n}) + \\
 &\quad + L_{31}(f(\varphi_{3,n}) - f(\varphi_{1,n})) + S_{31}(\varphi_{3,n} - \varphi_{1,n}); \\
 \varphi_{2,n+1} &= f(\varphi_{2,n}) + L_{23}(f(\varphi_{3,n}) - f(\varphi_{2,n})) + S_{23}(\varphi_{3,n} - \varphi_{2,n}) + \\
 &\quad + L_{12}(f(\varphi_{1,n}) - f(\varphi_{2,n})) + S_{12}(\varphi_{1,n} - \varphi_{2,n}); \\
 \varphi_{3,n+1} &= f(\varphi_{3,n}) + L_{31}(f(\varphi_{1,n}) - f(\varphi_{3,n})) + S_{31}(\varphi_{1,n} - \varphi_{3,n}) + \\
 &\quad + L_{23}(f(\varphi_{2,n}) - f(\varphi_{3,n})) + S_{23}(\varphi_{2,n} - \varphi_{3,n}).
 \end{aligned}$$

Здесь  $\varphi_{i,n+1} = f(\varphi_{i,n})$  - три дискретные синус-отображения окружности,  $L$  и  $S$  - соответствующие коэффициенты инерцион-

ной и диссипативной связи между отображениями,  $\Omega_i$  – собственная частота колебания  $i$ -й диссипативной структуры,  $k_i$  - ее динамический управляющий параметр.

Исследования проводились на базе бифуркационных диаграмм в плоскостях пар управляющих параметров  $k_i$ , отражающих изменения периодической, квазипериодической и хаотической эволюции системы.

Показано, что изменение величины управляющего параметра одного из трёх связанных синус-отображений оказывает системное влияние на динамику других. Основная черта этих изменений заключается в том, что возникают режимы синхронизации или так называемые резонансные циклы. Также можно говорить и о возникновении «хаотической синхронизации», когда хаотический режим одного отображения делает квазипериодическим или хаотическим периодические режимы других.

Слабые воздействия на коэффициенты связи позволяют в довольно широких пределах корректировать чувствительные хаотические режимы системы, что с точки зрения биоэлектронной медицины является весьма актуальным.

## **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. № 2. P. 195–209.
3. *Небрат В.В., Рабинович Е.В.* Управление диссипативными состояниями человека // *Междун. конф.: «Наука и будущее: идеи, которые изменят мир».* Москва. ГГМ им. В.И. Вернадского РАН 14-16.04. 2004. С. 133–134.
4. *Рабинович Е.В.* Особенности динамики системы двух связанных гармонических отображений // *Математические структуры и моделирование.* Омск: Ом. гос. ун-т, 2016. № 1(37). С. 5–17.

## **СТРУКТУРНОЕ, ЭНТРОПИЙНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И КОРРЕЛЯЦИОННЫЙ АНАЛИЗ АРТЕРИАЛЬНОЙ ГИПЕРТЕНЗИИ**

### **1. Введение**

Структурные уравнения являются формой описания зависимостей между измеряемыми и латентными (не измеряемыми) переменными исследуемого объекта. В общем случае такие зависимости могут иметь нелинейный характер функций модели. Энтропийное моделирование позволяет на базе выборки показателей характеризующих стохастическую систему в различных состояниях оценить эффект самоорганизации и изменения дисперсии переменных [1]. В то время более детальный анализ корреляций между отдельными переменными системы может выявить непосредственный вклад показателей в изменение энтропии самоорганизации.

Целью данной работы является построение структурной модели нормальной гемодинамики и оценка качества влияния процедур физиотерапии на нормализацию функционального состояния гемодинамики на базе энтропийного моделирования, корреляционного анализа и анализа изменения согласованности структурной модели нормальной гемодинамики с экспериментальными данными пациентов с артериальной гипертензией до и после процедур физиолечения.

Задачи данного исследования представлены следующими пунктами:

– сформировать структурную модель нормальной гемодинамики на базе экспертных медицинских данных;

– оценить параметры экспертной структурной модели нормальной гемодинамики и согласованность модели с экспериментальными данными для лиц артериальной гипертензии до и после процедур специального физиолечения;

– провести энтропийное моделирование артериальной гипертензии на базе выборки показателей как многомерной стохастической системы;

– провести детальный корреляционный анализ показателей и выявить непосредственную роль тех или иных показателей в изменении функционального состояния общей гемодинамики.

## **2. Структурная модель нормальной гемодинамики**

В научном исследовании был использован вид структурной модели для описания регуляции артериального давления в норме [2]. Схема регуляции артериального давления, соответствующая данной структурной модели описывает влияние изменения одних переменных от монотонного изменения других при нормальной регуляции артериального давления. Например, при росте частоты сердечных сокращений и увеличении ударного объема при стрессовой ситуации растет минутный объем сердца, который в случае повышенного общего сосудистого сопротивления, например при избыточном весе, приводит к повышенному артериальному давлению. В случае нормального состояния гемодинамики значимая взаимообусловленность показателей должна приводить к компенсационным процессам для нормализации артериального давления. Поэтому важно подтвердить или опровергнуть эффективность тех или иных медицинских процедур для выявления положительного влияния на значимое увеличение взаимообусловленности различных показателей гемодинамики, которое в свою очередь характеризует рост динамической компенсации физиологических систем организма для стабилизации артериального давления.

## **3. Заключение**

На базе экспертных сведений была сформирована структурная модель нормальной гемодинамики. Для лиц с артериальной гипертензией начальной стадии были оценены параметры и невязки модели до и после специального физиолечения. Незначительное изменение распределения невязок модели после фи-

зиолечения говорит об отсутствии нормализации регуляции артериального давления. Независимо было проведено энтропийное моделирование и выявлен рост энтропии самоорганизации и общей энтропии, при снижении энтропии, обусловленной разбросом значений показателей выборки. Детальный корреляционный анализ обозначил главный вклад в отсутствие нормализации функционального состояния общей гемодинамики, а именно нарушение взаимосвязи общего периферического сосудистого сопротивления с минутным объемом сердца и структурными показателями сердца.

### **Литература**

1. *Тырсин А.Н., Ворфоломеева О.В.* Исследование динамики многомерных стохастических систем на основе энтропийного моделирования // Информ. и ее примен., 2013. Т. 7. Вып. 4, 3–10.
2. *Багаев С.Н. и др.* Система кровообращения и артериальная гипертензия: биофизические и генетико-физиологические механизмы, математическое и компьютерное моделирование. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. 252 с.

УДК 519.6

***И.А. Панкратов***

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

## **О РАЗЛОЖЕНИИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПО БАЗИСНЫМ ФУНКЦИЯМ**

В работе рассмотрена управляемая система, описываемая линейным векторным обыкновенным дифференциальным уравнением с постоянными коэффициентами, где управление – скалярная функция, на которую не наложены ограничения. Требуется перевести управляемую систему из заданного начального положения в заданное конечное.

При этом необходимо минимизировать функционал, характеризующий затраты энергии на управление. Время окончания управляемого процесса фиксировано. Поставленная задача решается с помощью принципа максимума Л.С. Понтрягина [1]. Вид сопряжённой системы и оптимального управления известен [2].

В настоящей работе предлагается искать приближённое решение рассматриваемой задачи оптимального управления в виде разложения по базисным функциям, удовлетворяющим определённым условиям [3]. Согласно методу взвешенных невязок решение исходной задачи было сведено к решению системы линейных алгебраических уравнений. При этом краевые условия на левом конце траектории удовлетворялись точно, а на правом – приближённо. (Отметим, что подобные задачи рассматривались ранее в работах [4–8].)

Указанный метод был применён к решению задачи о прямолинейном движении материальной точки под действием управляющей силы и силы сопротивления движению, пропорциональной скорости точки.

Для численного решения задачи была составлена программа с помощью математического пакета Scilab [9].

Были рассмотрены линейные базисные функции, тригонометрические и полиномы. В качестве весовых функций были взяты дельта-функция Дирака (метод поточечной коллокации) и базисные функции (метод Галёркина).

Отметим, что погрешность метода поточечной коллокации несколько выше, чем у метода Галёркина. В то же время при применении метода поточечной коллокации при построении результирующей системы линейных алгебраических уравнений не нужно искать первообразную. Следовательно, метод поточечной коллокации может с успехом применяться для грубой оценки решения краевой задачи.

В дальнейшем рассмотренный выше метод будет применён к решению задачи оптимальной переориентации орбиты космического аппарата [10; 11].

## Литература

1. Математическая теория оптимальных процессов / Л.С. Понтрягин [и др.]. М.: Наука, 1983.
2. *Ройтенберг Я.Н.* Автоматическое управление. М.: Наука, 1971.
3. *Зенкевич О., Морган К.* Конечные элементы и аппроксимация. М.: Мир, 1986.
4. *Панкратов И.А.* Решение задач оптимального управления методом взвешенных невязок // Математика. Механика. 2014. № 16. С. 117–120.
5. *Панкратов И.А.* Применение метода Галёркина к решению линейных задач оптимального управления // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. 2014. Т. 14. Вып. 3. С. 340–349.
6. *Панкратов И.А.* Об одном методе решения задач оптимального управления // Международная научная школа «Парадигма». Лято-2015. В 8 т. Т. 2: Информационные технологии: сборник научных статей. Варна: ЦНИИ «Парадигма». 2015. С. 204–212.
7. *Панкратов И.А.* Применение метода поточечной коллокации в задачах оптимального управления // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. Т. 3. № 8–3 (19-3). С. 365–368.
8. *Панкратов И.А.* Об аппроксимации оптимальных траекторий методом поточечной коллокации // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2016. № 1. С. 49–52.
9. *Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В., Рудченко Е.А.* Scilab: Решение инженерных и математических задач. М.: ALT Linux; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.
10. *Челноков Ю.Н., Панкратов И.А.* Переориентация орбиты космического аппарата, оптимальная в смысле минимума интегрального квадратичного функционала качества // Мехатроника, автоматизация, управление. 2010. № 8. С. 74–78.
11. *Челноков Ю.Н., Панкратов И.А.* Переориентация круговой орбиты космического аппарата с тремя точками переключения управления // Мехатроника, автоматизация, управление. 2011. № 1. С. 70–73.

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ В МЕЛКОВОДНОМ БАССЕЙНЕ**

Известно, что уровень знаний и недостаточность известных данных во многих случаях не оправдывают применения более сложных математических моделей для исследования течений в прибрежных водах, в озерах и т.д., чем модели, основанные на численном решении уравнений, полученных путем применения усредненных по вертикали характеристик (так называемых уравнений мелкой воды).

Основные уравнения движения жидкости под действием ветра (записанные относительно потока количества жидкости (масса жидкости, приходящаяся на единицу длины и времени) и высоты свободной поверхности) при упрощениях, в результате которых получаются уравнения мелкой воды, взяты из [1]. Для решения задачи был осуществлён переход к безразмерным переменным.

Отметим, что в процессе моделирования атмосферное давление в рассматриваемой области полагалось постоянным, а конвективные члены были отброшены. Считалось, что искомые величины зависят от одной пространственной переменной и от времени.

Отметим также, что в работах [2–5] был рассмотрен случай, когда искомые функции не зависели от времени. При этом стационарные уравнения мелкой воды свелись к уравнению Пуассона относительно функции тока, которое решалось методом взвешенных невязок.

Для решения нестационарных уравнений мелкой воды в отличие от работы [6] воспользуемся методом частичной дискретизации [7]. Приближённое решение будем искать в виде линейной комбинации базисных функций (полиномов).



Подставляя указанные разложения в исходную нелинейную систему, получим задачу Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений с нулевыми начальными условиями.

Для численного решения задачи была составлена программа с помощью математического пакета Scilab [8]. Построены графики изменения потока количества жидкости и высоты свободной поверхности для различных параметров задачи.

В дальнейшем предполагается рассмотреть случай, когда искомые величины зависят от двух пространственных переменных и времени.

## **Литература**

1. *Коннор Дж., Бреббия К.* Метод конечных элементов в механике жидкости. Л.: Судостроение, 1979.
2. *Маркелова О.И., Панкратов И.А.* Расчет циркуляции воды в озере // Математика. Механика. 2014. № 16. С. 114–117.
3. *Ильясова Т.А., Панкратов И.А.* Математическое моделирование циркуляции воды в озере // Математика. Механика. 2015. № 17. С. 101–104.
4. *Панкратов И.А.* Изчисляване на линията на тока по време на циркуляция, предизвикана от ветрове // Парадигма. 2016. № 1. Т. 1. С. 115–119.
5. *Панкратов И.А.* Численная аппроксимация линий тока методом Галёркина // *Juvenis scientia*. 2016. № 2. С. 4–6.
6. *Панкратов И.А., Рымчук Д.С.* Расчёт течений мелкой воды // Математика. Механика. 2014. № 16. С. 120–124.
7. *Зенкевич О., Морган К.* Конечные элементы и аппроксимация. М.: Мир, 1986.
8. *Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В., Рудченко Е.А.* Scilab: Решение инженерных и математических задач. М.: ALT Linux; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008.

**И.Б. Бадриев<sup>1</sup>, М.В. Макаров<sup>2</sup>, О.П. Мартынова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

<sup>2</sup>Казанский национальный исследовательский технический университет  
им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Россия

## ОБОБЩЕННАЯ ПОСТАНОВКА ГЕОМЕТРИЧЕСКИ НЕЛИНЕЙНОЙ ЗАДАЧИ ОБ ИЗГИБЕ ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ С ТРАНСВЕРСАЛЬНО-МЯГКИМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ

Трехслойные конструкции нашли широкое применение в качестве разного рода панелей и других конструктивных элементов [1–5]. Данная посвящена построению обобщенной постановки геометрически нелинейной задачи об изгибе трехслойной пластины с трансверсально-мягким наполнителем в виде операторного уравнения. Обобщенные постановки для физически нелинейных и геометрически линейных задач в виде седловых задач, а также методы их решения рассмотрены в [6–10]. Для описания напряженно-деформированного состояния в несущих слоях используются уравнения модели Кирхгофа-Лява, в наполнителе – уравнения теории упругости, упрощенные в рамках принятой модели трансверсально-мягкого слоя и проинтегрированных по толщине с удовлетворением условий сопряжения слоев по перемещениям [11]. В [11] для описания НДС трехслойной пластины был построен функционал  $L(U, q^1) = P(U, q^1) - A(U, q^1) - A_q(U, q^1)$ , где  $q^1$  – касательные напряжения в наполнителе,  $U = (w^{(1)}, w^{(2)}, u^{(1)}, u^{(2)})$  – вектор перемещений точек срединной поверхности  $k$ -го слоя,  $k=1, 2$ ,  $w^{(k)}$  и  $u^{(k)}$  – прогибы и осевые перемещения точек срединной поверхности  $k$ -го слоя,  $P$  – потенциальная энергия деформаций, Края пластины предполагаем закрепленными,  $A$  – работа заданных внешних сил и моментов,  $A_q$  – работа неизвестных контактных касательных напряжений на соответствующих перемещениях. При этом установлено

[12], что решение задачи о равновесии трехслойной пластины есть стационарные точки функционала  $L$ . Путем вычисления производных Габо функционала  $L$  построена обобщенная постановка задачи в виде операторного уравнения в пространстве Соболева.

*Публикация осуществлена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 16-38-00788, 16-01-00301, 15-41-02315).*

## Литература

1. *Паймушин В.Н., Шалашилин В.И.* О геометрически нелинейных уравнениях теории безмоментных оболочек с приложениями к задачам о неклассических формах потери устойчивости цилиндра // Прикладная математика и механика. 2006. Т. 70. № 1. С. 100–110.
2. *Бадриев И.Б., Макаров М.В., Паймушин В.Н.* О взаимодействии композитной пластины, имеющей вибропоглощающее покрытие, с падающей звуковой волной // Известия высших учебных заведений. Математика. 2015. № 3. С. 75–82.
3. *Badriev I.B., Banderov V.V., Makarov M.V., Paimushin V.N.* Determination of stress-strain state of geometrically nonlinear sandwich plate // Applied Mathematical Sciences. 2015. V. 9. № 77–80. P. 3887–3895.
4. *Бадриев И.Б., Желтухин В.С., Макаров М.В., Паймушин В.Н.* Численное решение задачи о равновесии трехслойной пластины с трансверсально-мягким наполнителем в геометрически нелинейной постановке // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 23. С. 393–396.
5. *Бадриев И.Б., Бандеров В.В., Макаров М.В., Паймушин В.Н.* Решение нелинейных задач теории многослойных оболочек с трансверсально-мягким наполнителем // В сборнике: Сеточные методы для краевых задач и приложения. Материалы Десятой Международной конференции. Казань: Изд-во Казанского университета, 2014. С. 103–107.
6. *Бадриев И.Б., Гарипова Г.З., Макаров М.В., Паймушин В.Н., Хабибуллин Р.Ф.* О решении физически нелинейных задач о равновесии трехслойных пластин с трансверсально-мягким наполнителем // Ученые записки Казанского университета. Серия: Физико-математические науки. 2015. Т. 157. № 1. С. 15–24.
7. *Бадриев И.Б., Бандеров В.В., Гарипова Г.З., Макаров М.В.* О разрешимости нелинейной задачи о равновесии трехслойной пластины // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2015. Т. 20. № 5. С. 1034–1037.
8. *Badriev I.B., Banderov V.V., Garipova G.Z., Makarov M.V., Shagidullin R.R.* On the solvability of geometrically nonlinear problem of sandwich

plate theory // Applied Mathematical Sciences. 2015. V. 9. № 81–84. P. 4095–4102.

9. Макаров М.В., Бадриев И.Б., Паймушин В.Н. Нелинейные задачи о смешанных формах потери устойчивости трехслойных пластин при продольно-поперечном изгибе // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2015. Т. 20. № 5. С. 1275–1278.
10. Бадриев И.Б., Макаров М.В., Паймушин В.Н. Разрешимость физически и геометрически нелинейной задачи теории трехслойных пластин с трансверсально-мягким наполнителем // Известия высших учебных заведений. Математика. 2015. № 10. С. 66–71.
11. Паймушин В.Н. К вариационным методам решения нелинейных пространственных задач сопряжения деформируемых тел // Доклады Академии наук. 1983. Т. 273. № 5. С. 1083.
12. Паймушин В.Н. Обобщенный вариационный принцип Рейсснера в нелинейной механике пространственных составных тел с приложениями к теории многослойных оболочек // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. 1987. № 2. С. 171.

УДК 539.3

***И.Б. Бадриев<sup>1</sup>, М.В. Макаров<sup>2</sup>, В.Н. Паймушин<sup>2</sup>***

<sup>1</sup>Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань, Россия

<sup>2</sup>Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Россия

## **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОПЕРЕЧНОГО ИЗГИБА ТРЕХСЛОЙНОЙ ПЛАСТИНЫ С ТРАНСВЕРСАЛЬНО-МЯГКИМ ЗАПОЛНИТЕЛЕМ С ШАРНИРНЫМ ЗАКРЕПЛЕНИЕМ**

Трехслойные конструкции нашли широкое применение в качестве несущих поверхностей летательных аппаратов, обтекателей, и других конструктивных элементов [1–5]. В настоящей работе изучается геометрически нелинейная задача о поперечном изгибе трехслойной пластины с трансверсально-мягким наполнителем. В правом торцевом сечении края несущих слоев жестко

зашемлены и отсутствует адгезионное соединение заполнителя с опорным элементом, на левом торцевом сечении края несущих слоев пластины шарнирно оперты на абсолютно жесткие в поперечном направлении диафрагмы, склеенной с торцевым сечением заполнителя. Для приближенного решения задачи построена конечно-разностная аппроксимация задачи, для численного решения использовался двухслойный итерационный метод. На основе разработанного комплекса программ в среде Matlab проведены численные эксперименты для модельной задачи. Ранее эта задача изучалась в случае жесткого закрепления несущих слоев при отсутствии диафрагм [6–8]. В [9–12] изучены задачи определения НДС трехслойной пластины в геометрически линейной и физически нелинейной постановке. Анализ полученных результатов показал, что с ростом поперечной нагрузки растут как прогибы точек срединной поверхности, так и мембранные усилия, сжимающие в первом несущем слое, к которому приложена нагрузка, и растягивающие – во втором. Геометрическая нелинейность начинает существенно сказываться на осевых перемещениях при больших значениях поперечной нагрузки. В частности, на шарнирно закрепленном конце осевые перемещения во втором несущем слое сначала отрицательные, а при увеличении они становятся положительными, что вызвано увеличением влияния на процесс деформирования значений прогибов.

*Публикация осуществлена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 16-08-00316, 16-01-00301, 15-41-02569).*

## **Литература**

1. *Паймушин В.Н., Шалашилин В.И.* О геометрически нелинейных уравнениях теории безмоментных оболочек с приложениями к задачам о неклассических формах потери устойчивости цилиндра // Прикладная математика и механика. 2006. Т. 70, № 1. С. 100–110.
2. *Бадриев И.Б., Макаров М.В., Паймушин В.Н.* О взаимодействии композитной пластины, имеющей вибропоглощающее покрытие, с падающей звуковой волной // Известия высших учебных заведений. Математика. 2015. № 3. С. 75–82.
3. *Badriev I.B., Banderov V.V., Makarov M.V., Paimushin V.N.* Determination of stress-strain state of geometrically nonlinear sandwich plate // Applied Mathematical Sciences. 2015. V. 9. № 77–80. P. 3887–3895.

4. *Бадриев И.Б., Желтухин В.С., Макаров М.В., Паймушин В.Н.* Численное решение задачи о равновесии трехслойной пластины с трансверсально-мягким наполнителем в геометрически нелинейной постановке // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17. № 23. С. 393–396.
5. *Бадриев И.Б., Бандеров В.В., Макаров М.В., Паймушин В.Н.* Решение нелинейных задач теории многослойных оболочек с трансверсально-мягким наполнителем // Сеточные методы для краевых задач и приложения: материалы Десятой Международной конференции. Казань: Изд-во Казанского университета, 2014. С. 103–107.
6. *Бадриев И.Б., Гарипова Г.З., Макаров М.В., Паймушин В.Н., Хабибуллин Р.Ф.* О решении физически нелинейных задач о равновесии трехслойных пластин с трансверсально-мягким наполнителем // Ученые записки Казанского университета. Серия: Физико-математические науки. 2015. Т. 157. № 1. С. 15–24.
7. *Бадриев И.Б., Бандеров В.В., Гарипова Г.З., Макаров М.В.* О разрешимости нелинейной задачи о равновесии трехслойной пластины // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2015. Т. 20. № 5. С. 1034–1037.
8. *Badriev I.B., Banderov V.V., Garipova G.Z., Makarov M.V., Shagidullin R.R.* On the solvability of geometrically nonlinear problem of sandwich plate theory // Applied Mathematical Sciences. 2015. V. 9. № 81–84. P. 4095–4102.
9. *Макаров М.В., Бадриев И.Б., Паймушин В.Н.* Нелинейные задачи о смешанных формах потери устойчивости трехслойных пластин при продольно-поперечном изгибе // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2015. Т. 20. № 5. С. 1275–1278.
10. *Бадриев И.Б., Макаров М.В., Паймушин В.Н.* Разрешимость физически и геометрически нелинейной задачи теории трехслойных пластин с трансверсально-мягким наполнителем // Известия высших учебных заведений. Математика. 2015. № 10. С. 66–71.
11. *Бадриев И.Б., Желтухин В.С., Чебакова В.Ю.* О решении некоторых нелинейных краевых и начально-краевых задач // Материалы XXII Международного симпозиума «Динамические и технологические проблемы механики конструкций и сплошных сред» им. А.Г. Горшкова Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). 2016. С. 31–33.
12. *Badriev I.B., Banderov V.V.* Iterative methods for solving variational inequalities of the theory of soft shells // Lobachevskii Journal of Mathematics. 2014. V. 35. № 4. P. 371–383.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКЛАССИЧЕСКИХ ФОРМ ПОТЕРИ УСТОЙЧИВОСТИ И РАЗРУШЕНИЯ КОМПОЗИТНЫХ ТЕСТ-ОБРАЗЦОВ В УСЛОВИЯХ ТРЕХТОЧЕЧНОГО ИЗГИБА**

Ранее [1; 2] было показано, что при малых деформациях использование соотношений классической геометрически нелинейной теории упругости, составленных в квадратичном приближении и считающихся во всей научной и учебной литературе абсолютно корректными, при некоторых видах нагружения приводит к появлению «ложных» бифуркационных решений. Данная работа посвящена постановке и численному решению задачи, связанной с испытанием на трехточечный изгиб коротких и удлиненных тест-образцов (ТО) из слоистых волокнистых композитов, имеющих прямоугольное поперечное сечение. Такие испытания регламентированы существующими стандартами испытаний композитов [3; 4] и проводятся с целью определения пределов прочности и модулей упругости первого рода при изгибе удлиненных ТО и модулей поперечных сдвигов и пределов прочности на сдвиг при изгибе коротких ТО. Результаты таких испытаний для углепластика, изготовленного из углеленты HSE 180 REM с прямолинейными волокнами, и связующего ЭДГ-69НМ, были приведены в [5]. Нами установлено, что разрушение таких композитов при их испытаниях на трехточечный изгиб происходит не по причине достижения напряжений сжатия предела прочности на сжатие (для удлиненных ТО) и поперечных касательных напряжений пределов прочности на сдвиг (для коротких ТО), а по причине реализации неклассической почти сдвиговой формы потери устойчивости ТО в условиях поперечного изгиба. Качественно такие формы потери устойчивости в упрощенной постановке ранее были изучены в [2; 6]. Отметим, что

исследование геометрически нелинейных задач об изгибе трехслойных пластин с трансверсально-мягким наполнителем, проводилось в работах [7–13].

*Публикация осуществлена при финансовой поддержке РФФИ (проекты 16-08-00316, 16-01-00301, 15-41-02569).*

## Литература

1. *Паймушин В.Н., Шалашилин В.И.* Непротиворечивый вариант теории деформаций сплошных сред в квадратичном приближении // Доклады Академии наук. 2004. Т. 396. № 4. С. 492–495.
2. *Паймушин В.Н., Шалашилин В.И.* О соотношениях теории деформаций в квадратичном приближении и проблемы построения уточненных вариантов геометрически нелинейной теории слоистых элементов конструкций // Прикладная математика и механика. 2005. Т. 69. № 5. С. 861–881.
3. ОСТ 1 90199-75, 1985. Материалы полимерные композиционные. Метод определения прочности при сдвиге путём испытания на изгиб.
4. РД 50-675-88, 1989. Расчёты и испытания на прочность в машиностроении. Материалы композиционные. Методы испытаний на межслоевой сдвиг.
5. *Каюмов Р.А., Луканкин С.А., Паймушин В.Н., Холмогоров С.А.* Идентификация механических характеристик армированных волокнами композитов // Ученые записки Казанского университета. Серия: Физико-математические науки. 2015. Т. 157. № 4. С. 112–132.
6. *Паймушин В.Н.* Проблемы геометрической нелинейности и устойчивости в механике тонких оболочек и стержней с прямолинейной осью // Прикладная математика и механика. 2007. Т. 71. № 5. С. 855–893.
7. *Vadriev I.B., Vanderov V.V., Makarov M.V., Paimushin V.N.* Determination of stress-strain state of geometrically nonlinear sandwich plate // Applied Mathematical Sciences. 2015. V. 9. № 77–80. P. 3887–3895.
8. *Бадриев И.Б., Бандеров В.В., Макаров М.В., Паймушин В.Н.* Решение нелинейных задач теории многослойных оболочек с трансверсально-мягким наполнителем // Сеточные методы для краевых задач и приложения: материалы Десятой Международной конференции. Казань: Изд-во Казанского университета, 2014. С. 103–107.
9. *Бадриев И.Б., Гарипова Г.З., Макаров М.В., Паймушин В.Н., Хабибуллин Р.Ф.* О решении физически нелинейных задач о равновесии трехслойных пластин с трансверсально-мягким наполнителем // Ученые записки Казанского университета. Серия: Физико-математические науки. 2015. Т. 157. № 1. С. 15–24.



10. Бадриев И.Б., Бандеров В.В., Гарипова Г.З., Макаров М.В. О разрешимости нелинейной задачи о равновесии трехслойной пластины // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2015. Т. 20. № 5. С. 1034–1037.
11. Badriev I.B., Banderov V.V., Garipova G.Z., Makarov M.V., Shagidulin R.R. On the solvability of geometrically nonlinear problem of sandwich plate theory // Applied Mathematical Sciences. 2015. V. 9. № 81–84. P. 4095–4102.
12. Макаров М.В., Бадриев И.Б., Паймушин В.Н. Нелинейные задачи о смешанных формах потери устойчивости трехслойных пластин при продольно-поперечном изгибе // Вестник Тамбовского университета. Серия: Естественные и технические науки. 2015. Т. 20. № 5. С. 1275–1278.
13. Бадриев И.Б., Макаров М.В., Паймушин В.Н. Разрешимость физически и геометрически нелинейной задачи теории трехслойных пластин с трансверсально-мягким наполнителем // Известия высших учебных заведений. Математика. 2015. № 10. С. 66–71.

УДК 519.713+537.311.32

**С.Ю. Ланина<sup>1</sup>, В.В. Еремина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Благовещенский государственный педагогический университет,  
г. Благовещенск, Россия

<sup>2</sup>Амурский государственный университет, г. Благовещенск, Россия

## **МОДИФИЦИРОВАННАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПОЛОС ПОГЛОЩЕНИЯ $H_2O$**

Проведем оценку адекватности общепринятых представлений о соответствии набора полос поглощения электромагнитного излучения исследуемым материалом, наблюдаемых в инфракрасном диапазоне, видам внутримолекулярных и межмолекулярных колебаний частиц  $H_2O$ . Первая пара наблюдаемых резонансов ставится в соответствие с валентными колебаниями каждой из двух связей  $OH$ . Следующая полоса поглощения связывается с деформационными колебаниями одной из связей  $OH$ . Затем идет

широкая и слабая полоса, которая, объясняется некоторой комбинацией деформационных и либрационных колебаний. Пятый резонансный режим ставится в соответствие с деформационными колебаниями второй из связей  $OH$ .

Две последние полосы поглощения объясняются межмолекулярными флуктуациями молекул  $H_2O$ : первая относится к их либрационным колебаниям; вторая определяется к трансляционным колебаниям.

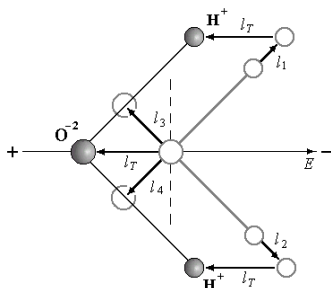


Рис. 1. Схема механизма валентной поляризации молекулы воды

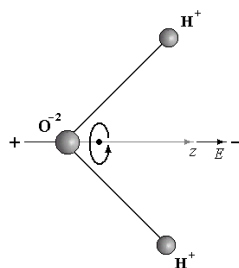


Рис. 2. Схема вращения молекулы воды относительно оси  $z$

Однако детализация общей картины механизма деформационной поляризации связей  $OH$ , представленная на рис. 1, показывает, что ее трансляции  $l_T$  могут быть рассмотрены в качестве прямого следствия суммарных смещений  $l_3 + l_4$  иона кислорода, происходящих в результате линейных растяжениях связей  $OH$ .

В силу абсолютного беспорядка исходной ориентации молекул воды в некотором элементарном объеме для любой из них можно выделить ее симметричный антипод. В результате чего потенциально возникает ситуация, при которой суммарные трансляции всех молекул воды практически компенсируют друг друга. Следовательно, представляется более логичным считать резонансным режимом, очень широкую и весьма слабую полосу поглощения, которая обычно объясняется комбинацией деформационных и либрационных колебаний. Для ее идентификации детализируем механизм упругой дипольной поляризации  $H_2O$ . Поскольку данная молекула является плоской уголкового типа, то в ее структуре выделяют следующую декартовую систему естествен-

ных координат. Начало отсчета располагают в центре масс молекулы. Первая ось, принадлежащая молекулярной плоскости, образованной двумя частицами водорода и частицей кислорода, и являющаяся биссектрисой валентного угла  $HOH$ , считается осью  $z$ . Второй осью, обозначаемой  $y$ , полагается ось, тоже принадлежащая плоскости молекулы и перпендикулярная оси  $z$ . Третья ось  $x$  задается ортогональной молекулярной плоскости, т.е. перпендикулярно осям  $z$  и  $y$ .

Наименьше значение момента инерции молекулы  $H_2O$  имеет место в случае ее вращения относительно оси  $y$ , поэтому первую из полос поглощения, характерных для межмолекулярных колебаний воды, которая обычно ставится в соответствие с ее суммарными либрационными флуктуациями, предлагается связать исключительно с либрационными колебаниями молекулы относительно оси  $y$ . Следующим по величине является момент инерции молекулы для оси  $z$ . Однако, поскольку данная ось совпадает с биссектрисой угла  $HOH$ , то вращение вокруг нее никак не сказывается на изменении результирующего дипольного момента, т.е. такие либрационные колебания могут просто не учитываться (рис. 2).

Максимальным значением момента инерции обладает ситуация вращения молекулы относительно оси  $x$ , которая и может быть соотнесена с последней из рассматриваемых полос поглощения электромагнитного излучения исследуемым материалом. Таким образом, предлагается следующая модифицированная трактовка соответствия полос поглощения, наблюдаемых в инфракрасном диапазоне поляризованного спектра  $H_2O$ , видам ее внутримолекулярных и межмолекулярных колебаний, см. табл.

Пики полос поглощения			Трактовки соответствия видам колебаний	
$\nu$ , $m^{-1}$	$\lambda$ , $10^{-6}$ м	$\omega$ , $10^{14}$ рад/с	Традиционная	Предлагаемая
3490	2,87	6,5739	валентные	валентные
3420	2,92	6,4421	валентные	валентные
3250	3,08	6,1219	деформационные	деформационные
2130	4,69	4,0122	деформ. + либрац.	трансляционные
1640	6,10	3,0892	деформационные	деформационные
685	14,60	1,2903	либрационные	либрационные (ось $y$ )
193	51,81	0,3635	трансляционные	либрационные (ось $x$ )

## **ПОСТРОЕНИЕ ОЦЕНОК ВРЕМЕНИ В ОБОБЩЕННОЙ ЗАДАЧЕ ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ**

Раскраска графов является одной из самых популярных и интенсивно изучаемых тем в теории графов. Большие возможности применения раскраски графов для решения многих практических задач привлекают к этой проблеме исследователей из различных областей науки [1–5].

Работа посвящена исследованию обобщения задачи об оптимальном распределении оборудования [1; 3; 4], которая решается с помощью раскраски графов. Мы исследуем вариант задачи, который не рассматривался в литературе [1–5], и предполагает наличие двух групп работ с различным временем их выполнения.

Обобщенная задача имеет следующую формулировку. Планируется выполнить  $n$  работ:  $a_1, a_2, \dots, a_n$ . Для выполнения этих работ необходимы механизмы  $b_1, b_2, \dots, b_m$ . Никакой из механизмов не может быть занят одновременно на двух работах. Существует две группы работ: длительные работы  $a_1, a_2, \dots, a_k$ , которые выполняются за одно и то же время  $t_1$ , быстрые работы  $a_{k+1}, a_{k+2}, \dots, a_n$ , которые выполняются за одно и то же время  $t_2$ ,  $t_1 > t_2$ . Требуется определить (или оценить) наименьшее время выполнения всех работ и составить расписание выполнения работ.

Использование механизмов для выполнения работ задается двоичной матрицей  $C$  размера  $m \times n$ , в которой

$$c_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если механизм } b_i \text{ требуется для выполнения работы } a_j \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Построение графа конфликтов [3; 4] и его минимальной раскраски для данной задачи не позволяют сразу получить ответ на поставленный вопрос. Поэтому построение оценок времени по раскраске графа конфликтов уменьшает общее время решения задачи по сравнению со временем полного перебора всех раскрасок графа конфликтов.

Пусть в обобщенной задаче об оптимальном распределении оборудования построен граф конфликтов, найдено его хроматическое число  $\chi$  и построена минимальная раскраска. Обозначим искомое минимальное время  $T_{\min}$ . Тогда справедливы оценки:

1) Оценка по минимальному и максимальному числу цветов длительных работ.

$$t_1 + (\chi - 1) \cdot t_2 \leq T_{\min} \leq \chi \cdot t_1. \quad (1)$$

2) Оценка по полному подграфу. Если множество вершин  $a_1, a_2, \dots, a_k$  (длительные работы) графа конфликтов содержит полный подграф порядка  $r$ , то

$$r \cdot t_1 + (\chi - r) \cdot t_2 \leq T_{\min} \quad (2)$$

3) Оценка по построенной минимальной раскраске. Если множество вершин  $a_1, a_2, \dots, a_k$  (длительные работы) графа конфликтов при построении минимальной раскраски было покрашено в  $S$  цветов, то

$$T_{\min} \leq s \cdot t_1 + (\chi - s) \cdot t_2 \quad (3)$$

Уточнение оценки (3) можно проводить с помощью операции слияния (отождествления) вершин раскрашенного графа конфликтов. Выделим среди множества вершин  $a_1, a_2, \dots, a_k$  две или более несмежные вершины разных цветов:  $a_{i_1}, a_{i_2}, \dots, a_{i_m}$ . Рассмотрим граф, полученный из  $G$  слиянием этих вершин. Если хроматическое число полученного графа также равно  $\chi$ , то существует такая минимальная раскраска исходного графа, при которой вершины  $a_{i_1}, a_{i_2}, \dots, a_{i_m}$  принадлежат одному цветовому классу и, следовательно, можно использовать верхнюю оценку (3) с меньшим числом цветов  $s$ .

Дальнейшее обобщение для случая нескольких различных временных интервалов выполнения работ является значительно более сложной задачей и потребует новых подходов к построению оценок.

*Работа поддержана грантом ЮУрГТТУ и КГПУ им. В.П. Астафьева (проект № 16-1022).*

## **Литература**

1. Лекции по теории графов / Емеличев В.А., Мельников О.И., Сарванов В.И., Тышкевич Р.И. М.: Наука, 1990. 384 с.
2. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. М.: Наука, 1986. 496 с.
3. *Dániel Marx*. Graph colouring problems and their applications in scheduling // *Periodica Polytechnica Electrical Engineering*, Vol. 48, No. 1–2 (2004), pp. 11–16. URL: <http://www.pp.bme.hu/ee/article/view/926>
4. *Lewis R.* A Guide to Graph Colouring: Algorithms and Applications. Springer International Publishers, 2015.
5. *Bysskov J.M.* Enumerating maximal independent sets with applications to graph colouring // *Operations Research Letters*, Vol. 32 (6), 2004, pp. 547–556. doi:10.1016/j.orl.2004.03.002.

УДК 004.023

***В.А. Филимонов***

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

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ТЕОРИИ РЕФЛЕКСИВНЫХ ИГР: ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ**

Целью работы является экспериментальная проверка гипотезы об эффективности использования моделей Теории рефлексивных игр (ТРИ) В.А. Лефевра [1] в системах поддержки принятия решений, связанных с анализом и прогнозированием процес-

сов формирования и принятия решений группами субъектов. Это предполагает постановку и решение задач, перечисленных ниже.

1. Разработка методики проведения экспериментов, отвечающей требованиям теории.

2. Разработка компьютерной среды для взаимодействия участников эксперимента и протоколирования взаимодействий.

3. Разработка сценариев задач для экспериментальных групп.

4. Разработка методики формирования экспериментальных групп.

5. Проведение экспериментов, статистическая обработка результатов.

6. Оценка степени обоснованности гипотезы по результатам экспериментов.

7. Поиск вариантов развития теории в части детализации ситуаций взаимодействия субъектов.

8. Экспериментальная проверка целесообразности и эффективности предлагаемой детализации.

9. Разработка общих рекомендаций по применению теории (возможности и ограничения).

Отдельными задачами являются выбор способов мотивации участников экспериментальных групп, а также определение масштаба экспериментов (количества участников, числа структур групп и количества заданий).

В данном проекте кросс-технологии ситуационного центра [2; 3] используются для формирования экспериментальных групп, разработки сценариев, мониторинга экспериментов. Экспериментальным материалом является сравнение протоколов экспериментов с результатами прогноза по ТРИ. Представляет интерес проверка теорем о разнообразии, а также гипотезы о формировании давления на выбранного субъекта других субъектов, находящихся в состоянии союза (пересечение множества альтернатив) либо конфликта (сумма множества альтернатив). Отметим, что алгоритмы вычислений не меняются при инвертировании гипотезы (достаточно сделать инверсию отношений).

Основной проблемой данного исследования является моделирование отношения конфликта. Сложность состоит в том, что

участники экспериментов и тренингов, связанных с моделированием межличностных отношений, обычно уносят эти отношения за пределы эксперимента. Именно поэтому завершение тренингов обычно ориентировано на создание позитивного настроения участников, которое включает отношения дружелюбия, союза и т.п. эмоций. Конфликты в таких тренингах разыгрываются как некоторые роли в ситуации (например, в тренингах по искусству управленческой борьбы В.К. Тарасова), и не являются травматическими. Напротив, известны случаи, когда конфликты выносились за пределы исследовательской ситуации. Так, если коллектив, профессионально занимавшийся социометрикой, в один прекрасный день решал провести такое исследование на себе, это заканчивалось распадом коллектива.

В настоящем проекте предполагается организация сетевого взаимодействия экспериментальных групп с использованием регламента и методов рефлексивного театра ситуационного центра, включая использование элементов искусственного интеллекта [3; 4]. Одной из отличительных особенностей кросс-технологий является визуализация образа каждого участника процесса (достижений, потенциала, наличия конфликтов и т. п.). В связи с высокой вероятностью психологических травм при такой визуализации, предусмотрено создание индивидуальных и коллективных масок, под которыми работают участники. Заметим, что субъект в составе группы сам может быть группой.

Автор будет признателен за любые соображения по данной проблеме, а также приглашает желающих принять участие в этих исследованиях.

## **Литература**

1. *Лефевр В.А.* Лекции по теории рефлексивных игр. М.: Когито-центр, 2009. 218 с.
2. *Филлимонов В.А.* Кросс-технологии ситуационного центра – полигон кибернетики // Математические структуры и моделирование. 2014. № 3 (31). С. 87–98.
3. *Филлимонов В.А.* СумА технологии: три пятилетки многодисциплинарного проекта // «Знания-Онтологии-Теории» (ЗОНТ-2015): матер. Всерос. конф. с междунар. участием 6–8 октября 2015 г., Новосибирск.



Новосибирск: Ин-т математики им. С.Л. Соболева СО РАН, 2015. Т. 2. С. 181–188.

4. *Филимонов В.А.* Когнитивная инфраструктура обучения людей и роботов // Робототехника и искусственный интеллект – 2014: материалы VI междунар. науч.-практ. конф. Красноярск: Центр информации, 2014. С. 205–209.

УДК 519.237.4+616.24-008.444

***В.В. Гольтяпин, В.А. Шовин***

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

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИСПЕРСИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ В ВЫЯВЛЕНИИ ЗНАЧИМЫХ ФАКТОРОВ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИХ СИНДРОМ ОБСТРУКТИВНОГО АПНОЭ СНА**

Распространенность синдрома обструктивного апноэ сна (СОАС) составляет 5–7 % в общей взрослой популяции [1]. Частота заболевания может достигать 50 % и более у пациентов с рефрактерной к лечению артериальной гипертонией, ночными брадиаритмиями, ожирением 3–4 степени, метаболическим синдромом, синдромом Пиквика, гипотиреозом и рядом других заболеваний [1–3].

Причинами развития СОАС могут быть: анатомические дефекты на уровне носа и глотки (полипы, увеличение миндалин, удлинённый небный язычок, новообразования); ретрогнатия и микрогнатия; сдавление дыхательных путей извне жировыми отложениями; отек глоточных структур (гипотиреоз) и др. [1; 4].

Значительную роль в генезе СОАС играет патология ЛОР-органов и, в частности, носовая обструкция [1]. Распространенность патологии полости носа среди пациентов, страдающих храпом и СОАС, достигает 94,5 %. Искривление носовой перегородки выявляется у 86,7 % пациентов, хронический ринит – в

67,4 % наблюдений. При этом увеличение выраженности носовой обструкции сопряжено с утяжелением СОАС [4]. Среди этиологических факторов нарушений дыхания во время сна рассматривают аденотонзиллярную гипертрофию, особенно у молодых пациентов. Среди других причин значимым является повышенное сопротивление в области носа (хоанальный стеноз, смещение носовой перегородки, аллергические заболевания), орофаринкс или гипофаринкс. Важным является наличие мышечной гипотонии, которая часто сопутствует метаболическим заболеваниям, синдрому Дауна и является одним из проявлений соединительнотканых дисплазий [2]. Ожирение также является одним из значимых факторов, обуславливающих расстройство дыхания во сне [1].

Цель научно-исследовательской работы заключалась в построение и анализе неравномерных дисперсионных комплексов на базе организованных факторов, которые вторично обуславливают степень СОАС.

В качестве организованных факторов, которые могут оказывать косвенное влияние на наличие СОАС, выступали комбинации следующих шесть бинарных показателей:

- 1) хронический тонзиллит – воспаление небных миндалин;
- 2) хронический вазомоторный ринит – воспаление слизистой оболочки носа;
- 3) искривление носовой перегородки;
- 4) ретромикродантия – недоразвитие верхней челюсти;
- 5) пол;
- 6) вес пациента.

Исследование проводилось в два этапа. На первом этапе был проведен двухфакторный анализ неравномерных комплексов [5]. Каждый из показателей рассматривался в комбинации с параметром «Вес». На втором этапе был проведен трехфакторный анализ комплекса данных, основанный на следующем принципе: из всей совокупности показателей выбираются два и к ним прибавляется параметр «Вес» для каждого объекта исследования. Затем аналогичная процедура производится с остальными параметрами. В итоге получилось 5 комбинаций параметров для двухфакторного анализа и 10 комбинаций для трехфакторного.

В результате проделанной работы был разработан алгоритм вычисления дисперсионных комплексов, создано программное обеспечение, позволяющее вычислять данные комплексы, проведен вычислительный эксперимент и проанализированы полученные результаты.

## Литература

1. Бузунов Р.В., Легейда И.В., Царева Е.В. Храп и синдром обструктивного апноэ сна у взрослых и детей: Практич. рук-во для врачей. М., 2013. 124 с.
2. Бузунов Р.В. Лечение синдрома обструктивного апноэ сна методом создания положительного давления в дыхательных путях. М., 2004. 13 с.
3. Легейда И.В., Бузунов Р.В., Сидоренко Б.А., Ликов В.Ф., Алехин М.Н., Тельнова О.Д., Анцерева А.О. Применение мониторинговой компьютерной пульсоксиметрии для скрининга апноэ во время сна у пациентов кардиологического отделения стационара // Кардиология. 2012. № 2. С. 59–62.
4. Плохинский Н.А. Биометрия. М.: Изд-во Московского университета, 1970. С. 367.

УДК 517.53:517.947.942

**Ю.Ф. Стругов**

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

## ДОСТАТОЧНЫЕ УСЛОВИЯ ГЛАДКОСТИ ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ, КВАЗИКОНФОРМНЫХ В СРЕДНЕМ

Рассмотрим две гомеоморфные ограниченные области  $D$  и  $D^*$  в евклидовом пространстве  $R^n$ , для которых существует гомеоморфизм  $f : D \rightarrow D^*$ ,  $f(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x))$ , удовлетворяющий условиям  $f \in W_n^1(D)$ ,  $f^{-1} \in W_n^1(D^*)$ , [1]. Совокупность всех таких гомеоморфизмов обозначим  $\mathfrak{M}(D, D^*)$ .

В классе отображений  $\mathfrak{M}(D, D^*)$  определим функционал

$$Q_r(f) = \left( \frac{1}{|D|} \int_D \frac{|\nabla f|^m}{n^{\frac{r}{2}} J(x, f)^r} dx \right)^{\frac{1}{r}}. \quad (1)$$

Здесь  $r \geq 1$ ,  $|D|$  –  $n$ -мерная мера Лебега области  $D$ , и (в точках невырожденной дифференцируемости отображения)

$$|\nabla f(x)|^2 = \sum_{i,j=1}^n \left( \frac{\partial f_i}{\partial x_j} \right)^2, \quad J(x, f) = \det \left( \frac{\partial f_i}{\partial x_j}(x) \right) - \text{якобиан отображения}$$

$f: D \rightarrow D^*$ .

Совокупность всех отображений из  $\mathfrak{M}(D, D^*)$ , на которых конечен функционал (1), мы обозначим через  $\mathfrak{M}_0(D, D^*)$ , [2].

Зафиксируем некоторое отображение  $g \in \mathfrak{M}_0(D, D^*)$ . Это отображение выделяет в классе  $\mathfrak{M}_0(D, D^*)$  подкласс отображений  $\mathfrak{M}_0(g; D, D^*) = \{f \in \mathfrak{M}_0(D, D^*): (f - g) \in W_{0,n}^1(D)\}$ .

Если существует отображение  $f \in \mathfrak{M}_0(g; D, D^*)$  такое, что

$$Q_r(f) \leq Q_r(h)$$

для всех  $h \in \mathfrak{M}_0(g; D, D^*)$ , то это отображение  $f(x)$  называется экстремальным. Известно [3–4], что его координатные функции  $f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)$  удовлетворяют соответствующей системе уравнений Эйлера для функционала (1). Из этой системы (см. [5]) в произвольной точке  $x_0$  невырожденной дифференцируемости отображения  $f(x)$  выводятся соотношения

$$f_i(x_0) \int_{|f(x)-f(x_0)| \leq \beta} \frac{|\nabla f(x)|^m}{J(x, f)^r} dx - \\ - n \sum_{k=1}^n f_k(x_0) \int_{|f(x)-f(x_0)| \leq \beta} \frac{|\nabla f(x)|^m}{J(x, f)^r} \frac{\sum_{j=1}^n \frac{\partial f_k}{\partial x_j}(x) \frac{\partial f_i}{\partial x_j}(x)}{|\nabla f(x)|^2} dx =$$

$$\begin{aligned}
&= \int_{|f(x)-f(x_0)| \leq \beta} \frac{|\nabla f(x)|^{rn}}{J(x, f)^r} f_i(x) dx - \\
&-n \int_{|f(x)-f(x_0)| \leq \beta} \frac{|\nabla f(x)|^{rn}}{J(x, f)^r} \frac{\sum_{k,j=1}^n f_k(x) \frac{\partial f_k}{\partial x_j}(x) \frac{\partial f_i}{\partial x_j}(x)}{|\nabla f(x)|^2} dx \quad (2)
\end{aligned}$$

для всех  $i = 1, 2, \dots, n$ . Коротко запишем эту систему так

$$A(x_0, \beta) f_i(x_0) + \sum_{k=1}^n B_{i,k}(x_0, \beta) f_k(x_0) = C_i(x_0, \beta) + D_i(x_0, \beta). \quad (2^*)$$

Здесь  $f_i(x_0), i = 1, 2, \dots, n$ , доставляют решение системе линейных уравнений (2\*) для почти всех  $\beta, 0 < \beta < \delta$ . Проинтегрируем эту систему (т.е. все коэффициенты) по параметру  $\beta$ . Тогда, если все полученные интегралы

$$\int_0^\delta A(x_0, \beta) d\beta, \int_0^\delta B_{i,k}(x_0, \beta) d\beta, \int_0^\delta C_i(x_0, \beta) d\beta, \int_0^\delta D_i(x_0, \beta) d\beta$$

гладко зависят от  $x_0 = (x_{0,1}, x_{0,2}, \dots, x_{0,n})$ , то все  $f_i(x_0), i = 1, 2, \dots, n$ , являются решением системы линейных уравнений с гладкими по  $x_0$  коэффициентами. Поэтому, если эта проинтегрированная система является невырожденной в точке  $x_0 = (x_{0,1}, x_{0,2}, \dots, x_{0,n})$ , то она будет невырожденной и в некоторой окрестности  $B^n(x_0, \varepsilon)$ . Из формул Крамера и гладкости коэффициентов следует, что все  $f_i(x), i = 1, 2, \dots, n$ , будут гладкими в  $B^n(x_0, \varepsilon)$ . Отсюда следует, что  $f \in W_n^2(B^n(x_0, \varepsilon))$ , [4], т. е.  $f \in C^1(B^n(x_0, \varepsilon)) \cap W_n^2(B^n(x_0, \varepsilon))$ .

## Литература

1. Ладыженская О.А., Уральцева Н.Н. Линейные квазилинейные уравнения эллиптического типа. М.: Наука, 1973. 576 с.
2. Стругов Ю.Ф., Сычев А.В. Различные классы пространственных отображений, квазиконформных в среднем // Алгебра и матем. анализ. Новосибирск, 1990. С. 104–125.
3. Стругов Ю.Ф. Вариационные задачи в классе квазиконформных в среднем отображений: учебное пособие. Омск: Изд-во ОмГУ, 2005. 125 с.

4. Стругов Ю.Ф. Об одном дифференциальном свойстве экстремального отображения, квазиконформного в среднем // Докл. АН СССР. 1978. Т. 243. № 5. С. 1138–1141.
5. Стругов Ю.Ф. Интегральные тождества для экстремальных отображений  $Q_r$  – квазиконформных в среднем // Прикладная математика и фундаментальная информатика: ежегодный научный журнал. Омск: ОмГТУ, 2016. № 3. С. 37–39.

УДК 004.9:631.4

**Л.А. Володченкова**

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

## **ЕДИНЫЙ СПОСОБ ВЫЧИСЛЕНИЯ ИНДЕКСОВ КОНКУРЕНЦИИ ДЕРЕВЬЕВ**

Конкуренция деревьев является важнейшим типом взаимодействий растений в лесных фитоценозах. Специалисты лесоводы для измерения конкуренции используют различные математические формулы, измеряющие конкуренцию деревьев и называемые индексами конкуренции. Приведем некоторые из этих индексов.

*Индекс конкуренции Вайса*

$$\frac{1}{d_i} \sum_j d_j,$$

где  $d_i$  и  $d_j$  – диаметр центрального  $i$  и конкурирующего  $j$  дерева.

*Сумма углов между центральным деревом и конкурентом*

$$\sum_j \alpha_j \quad (j \neq i, d_j > d_i),$$

где  $\alpha_j$  – угол в горизонтальной плоскости из центра ствола центрального дерева, образованный двумя касательными к проекции кроны конкурента.

Сумма углов между центральным деревом и конкурентом

$$\sum_j \lambda_j \quad (j \neq i, h_j > h_i),$$

где  $\lambda_j$  – вертикальный угол между горизонтальными линиями, проведенными из вершин центрального дерева и его конкурентов,  $h_i$  и  $h_j$  – высота центрального  $i$  и конкурирующего  $j$  дерева.

Световой индекс

$$\sum_j \varphi_j,$$

где  $\varphi_j$  – угол затенения на данный момент времени.

Сумма отношений объемов крон

$$\frac{1}{CV_i} \sum_j CVa_j,$$

где  $CV_i$  – объем кроны центрального дерева  $i$ ,  $CVa_j$  – объем кроны конкурента  $j$  над точкой пересечения линии угла высоты с осью ствола конкурента ( $a_j$ ).

Сумма отношений размеров, взвешенных расстоянием

$$\frac{1}{d_i} \sum_j \frac{d_j}{(Dist_{ij} + 1)} \quad (j \neq i), \quad (6)$$

где  $Dist_{ij}$  – расстояние между центральным деревом  $i$  и конкурентом  $j$ .

В докладе показывается, что с помощью теории бинарных систем отношений, предложенной Ю.С. Владимировым [1], выводится формула

$$\begin{aligned} \sum_{j=k, \dots, p} m_{ij} &= \frac{1}{2M_i} \{K_{ik} [e^{i\varphi_k} + e^{-i\varphi_k}] + \dots + K_{ip} [e^{i\varphi_p} + e^{-i\varphi_p}]\} = \\ &= \frac{1}{M_i} \sum_{j=k, \dots, p} K_{ij} \cos \varphi_j, \end{aligned} \quad (*)$$

которая описывает все вышеперечисленные индексы конкуренции деревьев. Достаточно для первых пяти индексов брать

$K_{ij} = K_j$ ;  $K_j = d_j, \alpha_j, \lambda_j, \varphi_i, CVA_j$  соответственно и соответственно по  $M_i = d_i, 1, 1, 1, CVA_i$ . Если же взять  $M_i = d_i, K_{ij} = d_j / (Dist_{ij} + 1)$ , то получим индекс «сумма отношений размеров, взвешенных расстоянием».

В ходе вывода формулы (\*) делались [2] упрощающие предположения, которые показывают, что формулы, используемые в теории лесных сообществ, являются частными случаями более сложного соотношения. Вводя, к примеру, различные значения для фаз  $\varphi_j$ , можно более полно учитывать разнообразие в конкурентных взаимодействиях деревьев.

### Литература

1. *Владимиров Ю.С.* Реляционная теория пространства-времени и взаимодействий. Часть 1. Теория систем отношений. М.: МГУ, 1996.
2. *Володченкова Л.А., Гуц А.К.* Конкуренция деревьев лесного фитоценоза как система отношений Кулакова-Владимирова // Математические структуры и моделирование. 2016. № 1 (37). С. 74–79.

УДК 004.89

*А.Н. Исмуканова, Д.Н. Лавров*

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

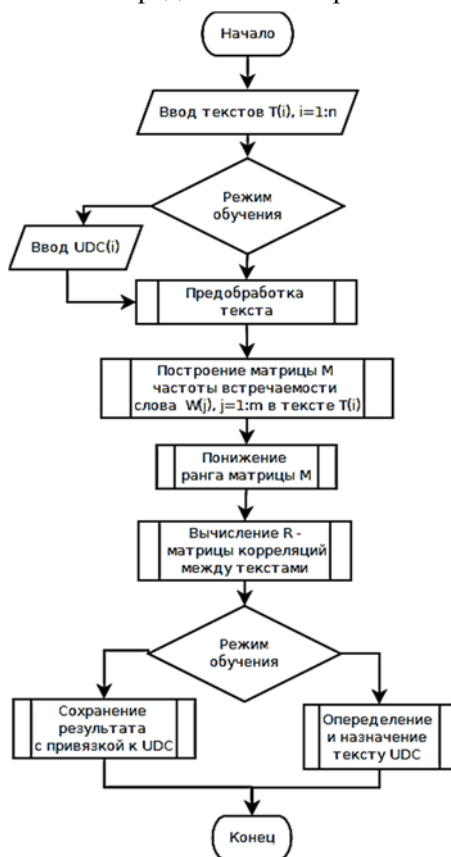
## **АЛГОРИТМ КЛАССИФИКАЦИИ НАУЧНЫХ ТЕКСТОВ МЕТОДОМ ЛАТЕНТНОГО СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА**

Работы по усовершенствованию и адаптации к различным задачам латентного семантического анализа (LSA) [1–4] ведутся давно. Суть метода достаточно проста. В начале на вход алгоритму поступает набор текстов, который преобразуется в матрицу частоты встречаемости слов в этих текстах. Номер строки соответствует слову, а номер столбца тексту. С помощью алгоритма сингулярного разложения (SVD) у полученной матрицы



понижается ранг. Это позволяет отбросить зависимости слов и выделить так называемое семантическое ядро. Затем на основе полученной матрицы с пониженным рангом вычисляются коэффициенты корреляции между текстами. В одной из первых работ [4] эмпирически определен порог по которому можно сгруппировать тексты по схожей тематике. Если часть из этих текстов уже имеет универсальный десятичный код (УДК), конечно правильно выставленный автором или редактором, то этот код или близкий к нему будет и у всей группы. Это позволит вычислить УДК в автоматическом режиме.

Описанная схема представлена на рис.



Блок-схема алгоритма

## Литература

1. Landauer T.K., Dumais S.T. A solution to Plato's problem: The Latent Semantic Analysis theory of the acquisition, induction, and representation of knowledge // Psychological Review. 1997. 104. PP. 211–240.
2. Deerwester, S., Dumais, S.T., Furnas, G.W., Landauer, T.K., & Harshman, R. (1990). Indexing by latent semantic analysis. Journal of the American Society for Information Science, 41. PP. 391–407.
3. Denhière G., Lemaire B., Bellissens C., & Jhean-Larose S. (2007). A semantic space modeling children's semantic memory. In T. K. Landauer, D. McNamara, S. Dennis, & W. Kintsch (Eds.), The handbook of latent semantic analysis. Mahwah, NJ: Erlbaum. PP. 143-167.
4. Landauer T.K., Foltz P., Laham D. An Introduction to Latent Semantic Analysis. Discours Processes, 25. 1998. PP. 259–284.

УДК 004.056

**Н.Ф. Богаченко**

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

## **ВЫБОР ЯЗЫКА ОПИСАНИЯ РОЛЕВОГО ГРАФА В МОДЕЛЯХ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ**

Ролевая модель управления доступом основывается на запрещении или разрешении действий в системе в целом, без привязки к отдельным объектам системы. Возможность осуществлять такие действия называется полномочием. Наиболее распространенной является модель с иерархической организацией системы ролей, которую удобно представлять в виде помеченного ориентированного графа  $G = G(R, E, RP)$ , называемого ролевым графом. Множество вершин  $R$  этого графа определяется множеством ролей, заданных в системе. Множество дуг  $E$  порождается отношением частичного порядка « $\leq$ » (отношением авторизации), заданным на множестве ролей. Метки вершин формируются из множества полномочий  $P$  при помощи отображения  $RP: R \rightarrow 2^P$ , которое каждой роли  $r \in R$  сопоставляет подмножество (набор)

полномочий  $r.p \in P$ . При этом авторизация одной роли на другую подразумевает полное наследование ее полномочий: если  $r_2 \leq r_1$ , то  $r_2.p \subseteq r_1.p$ .

При программно-технической реализации ролевых моделей управления доступом возникает подзадача формального описания ролевого графа, одновременно удобного и для машинной обработки, и для восприятия человеком. Возможны два подхода: разработка собственного языка представления помеченного ориентированного графа или выбор одного из общепризнанных стандартов для представления теоретико-графовых моделей. Предпочтение следует отдать второму подходу, так как использование стандартизованного языка для описания ролевого графа позволит сократить время разработки и обеспечит совместимость со многими прикладными программами и библиотеками для работы с графами. Наиболее распространены следующие механизмы описания графов:

1. DOT – язык описания графов, используемый в программном средстве визуализации графов Graphviz.

2. GraphML – язык описания графов на основе XML.

3. Существуют и другие «диалекты» языка XML для описания графов, в частности: GML – применим в Python, GXL – совместим с Graphviz, XGMML.

4. DGML – язык разметки ориентированных графов, используемый в графах архитектуры Visual Studio, начиная с версии 2012, например для визуализации взаимосвязей в коде.

Рассмотрим, какой из перечисленных механизмов описания графов наиболее удобен для представления ролевого графа. В языке DOT [1; 2] для описания меток вершин можно использовать атрибуты, которые описываются парами «ключ = значение» [1]. Таким способом удобно задавать цвет, форму, вес вершин и т. п. Формат DGML [3] предоставляет наиболее широкие возможности добавления данных к структурным элементам графа. Так в работе [4] предложен способ описания атрибутов (меток) вершин графа в виде конструкций, подобных структурам языка C/C++. Тем не менее, для описания ролевого графа более удобным представляется стандарт GraphML [5], который благодаря XML-синтаксису совместим с другими форматами, основанными на XML, и обладает

собственным механизмом расширения. Имеется целый ряд программных инструментов и библиотек, которые импортируют или экспортируют GraphML [6]. При необходимости реализации GraphML-ридера, можно использовать один из многих доступных XML-парсеров и адаптировать его под свои цели [6].

В языке GraphML граф определяется элементом `graph`, для задания ориентированного графа значение атрибута `edgedefault` устанавливается равным `directed`. Вершины графа задаются при помощи элемента `node`, а дуги – элементами `source` (начало) и `target` (конец) (см. рис. 1).

```
<graph id="G" edgedefault="directed">
  <node id="r1"/>
  <node id="r2"/>
  <node id="r3"/>
  ...
  <edge source="r1" target="r2"/>
  <edge source="r1" target="r3"/>
  ...
</graph>
```

Рис. 1. Пример GraphML-документа

С помощью механизма расширения «GraphML-атрибуты» каждой вершине графа можно сопоставить информацию простого типа. Для нас важно, что простые типы включают в себя строки (`string`) – аналог одноименного класса в языке Java. Тогда набор полномочий, приписанный каждой вершине графа  $r$ , можно кодировать некоторой битовой строкой  $s$ :

$$s_i = \begin{cases} 1, & p_i \in r.p, \\ 0, & p_i \notin r.p, \end{cases}$$

здесь  $i = 1, \dots, m$  и  $m$  – мощность множества полномочий  $P$ . GraphML-атрибут объявляется с помощью элемента `key`, который позволяет задать идентификатор, домен, имя, тип, значение по умолчанию (см. рис. 2). Определение значений введенного GraphML-атрибуа осуществляется при помощи элемента `data` (см. рис. 2).

```

<key id="p" for="node" attr.name="permissions"
      attr.type="string">
  <default>0000000000</default>
</key>
<graph id="G" edgedefault="directed">
  <node id="r3"/>
  <data key="p">1111000010</data>
</node>
  <node id="r2"/>
  <data key="p">0000111110</data>
</node>
  ...
</graph>

```

Рис. 2. Объявление и определение GraphML-атрибута «полномочия»,  $m = 10$

Такое представление набора полномочий достаточно удобно и для программной реализации алгоритмов построения и анализа ролевого графа:

1. Если  $r_2 \leq r_1$ , то условие наследования полномочий  $r_2.p \subseteq r_1.p$  проверяется следующим образом:  $r_2.p \vee r_1.p = r_1.p$ .

2. Выражение  $r_2.p \oplus r_1.p$  предоставляет полномочия, которыми различаются роли  $r_2$  и  $r_1$ . Если в ролевом графе существует дуга  $(r_1, r_2)$ , то это те полномочия, которые роль  $r_1$  получает непосредственно, а не за счет наследования (при охватном подходе распределения полномочий).

3. При таксономическом распределении полномочий достаточно задать наборы полномочий листовых вершин, а далее определить наборы полномочий при помощи дизъюнкции.

4. Векторное (строковое) представление набора полномочий позволяет ранжировать полномочия по степени важности, безопасности и т.п.

Предложенный формат представления ролевого графа позволит унифицировать и облегчить алгоритмы его автоматизированной обработки при программно-технической реализации ролевой модели управления доступом.

## Литература

1. DOT. URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/DOT\\_\(%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/DOT_(%D1%8F%D0%B7%D1%8B%D0%BA)).
2. Graphviz. <http://lib.custis.ru/Graphviz>.
3. Руководство по инструментам архитектуры Visual Studio. URL: [https://ashamray.wordpress.com/2013/03/11/dgml\\_customization/](https://ashamray.wordpress.com/2013/03/11/dgml_customization/).
4. *Краснопрошин В.В., Карканица А.В.* Язык описания динамической предметной области на основе Directed Graph Markup Language // Технологии информатизации и управления. ТИМ-2011: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. Гродно: ГрГУ, 2011. С. 1–7.
5. *Brandes U., Eiglsperger M., Lerner J.* GraphML: практическое введение. URL: <http://citforum.ru/internet/xml/graphml/primer.shtml>.
6. *Касьянов В.Н.* Язык представления графов GraphML: дополнительные возможности // Информатика в науке и образовании. Сер. Выпуск 21 «Конструирование и оптимизация программ». Новосибирск, 2012. С. 23–46.

УДК 512.57

***А.Н. Кабанов***

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

## **ЦЕНТР ГРУППЫ УНИТРЕУГОЛЬНЫХ АВТОМОРФИЗМОВ СВОБОДНОЙ АЛГЕБРЫ ЛЕЙБНИЦА**

В статье автора [1] описывалось строение гиперцентральной серии подгруппы унитаругольных автоморфизмов, выделяемой в группе всех автоморфизмов свободной метабелевой алгебры Ли. В работах автора [2; 3] описывалось строение гиперцентральной серии аналогичной подгруппы свободной алгебры Ли.

Ж.Л. Лоде ввел понятие алгебры Лейбница [4] как обобщение понятия алгебры Ли. Теория алгебр Лейбница активно развивается и многие результаты из теории алгебр Ли переносятся на алгебры Лейбница.

В данной работе представлено частичное описание центральной серии группы унитарных автоморфизмов свободной алгебры Лейбница.

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

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

Или, что то же самое,

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

Отсюда видно, что  $[x, [y, y]] = 0$ .

Кроме того, видно, что введение свойства антикоммутативности превращает тождество Лейбница в тождество Якоби, а алгебру Лейбница – в алгебру Ли. Поэтому алгебру Лейбница часто называют «некоммутативным» обобщением алгебры Ли.

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

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

Более того, примем записи

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

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

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

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

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

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

Тогда произвольное отображение вида:

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

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

Выделим в группе  $U_n$  следующие подгруппы  $Z_\alpha$  ( $1 \leq \alpha \leq \omega$ ), состоящие из автоморфизмов вида

$$(x_1 + f_1(x_{n-1}, x_n), x_2, \dots, x_n),$$

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

Очевидно, что  $Z_\alpha \subseteq Z_{\alpha+1}$ .

**Теорема:** Подгруппы  $Z_\alpha$  ( $1 \leq \alpha \leq \omega$ ) составляют центральный ряд группы  $U_n$ .

В дальнейших работах будет дано описание подгрупп центрального ряда при  $\alpha > \omega$  и найдена гиперцентральная длина группы  $U_n$ .

## Литература

1. *Кабанов А.Н.* Гиперцентральная структура группы унитарных автоморфизмов свободной метабелевой алгебры Ли // Сиб. мат. ж. 2009. Т. 50. № 2. С. 329–333.
2. *Кабанов А.Н.* Центр группы унитарных автоморфизмов свободной алгебры Ли // Математические структуры и моделирование. 2014. № 3 (31). С. 57–61.
3. *Кабанов А.Н.* Верхний центральный ряд группы унитарных автоморфизмов свободной алгебры Ли // Математическое и компьютерное моделирование: материалы III Международной научной конференции (Омск, 12 ноября 2015 г.). 2015. С. 100–102.
4. *Loday J.-L.* Une version non commutative des algebres de Lie: Les algebres de Leibniz // Enseign. Math. 1993. V. 39. № 3–4. P. 269–293.



## О МОМЕНТАХ КАЛИБРОВОЧНЫХ ФУНКЦИЙ ОТ ЗАВИСИМЫХ СЛУЧАЙНЫХ ВЕЛИЧИН

В работе [1] на основе некоторого аналога неравенства М. Пелиград (см. [2]) получены оценки моментов так называемых обобщенных сумм случайных величин, с  $\varphi$ -перемешиванием. Для «обычных» сумм такие оценки впервые доказаны И.А. Ибрагимовым [3, с. 432]; на основе этих оценок доказывалась центральная предельная теорема для последовательностей с  $\varphi$ -перемешиванием. В настоящей заметке анонсируется возможность модификации разработанной в [1] техники для некоторого класса функций не являющихся, вообще говоря, результатом последовательного применения бинарных операций (обобщенных сумм).

Пусть при каждом натуральном  $n$  определена вещественнозначная функция  $f(\bar{x}) = f(x_1, \dots, x_n)$ ,  $x_1, \dots, x_n \in R$  (мы не будем подчеркивать зависимость  $f$  от  $n$  какими-либо индексами и называть  $f$  последовательностью). Назовем  $f$  симметрической калибровочной функцией (см., например, [4, стр. 107]), если

1.  $f(\bar{x}) > 0$  при  $\bar{x} \neq 0$ ;
2.  $f(\lambda \bar{x}) = |\lambda| f(\bar{x})$  при любом действительном  $\lambda$ ;
3.  $f(\bar{x} + \bar{y}) \leq f(\bar{x}) + f(\bar{y})$ ;
4.  $f(\varepsilon_1 x_{i_1}, \dots, \varepsilon_n x_{i_n}) = f(x_1, \dots, x_n)$  для любой перестановки  $\{i_1, \dots, i_n\}$  множества  $\{1, \dots, n\}$  и для любых  $\varepsilon_i = \pm 1$ .

Многочисленные примеры симметрических калибровочных функций можно найти, например, в [4].

Кроме этого, мы будем предполагать, что

$$5. f(x_1, \dots, x_{n-1}, 0) = f(x_1, \dots, x_{n-1}).$$

Будем говорить, что стационарная последовательность  $\{\xi_n\}$  удовлетворяет условию  $\varphi$ -перемешивания, если

$$\varphi(n) = \sup_{A \in F_{\leq 0}, B \in F_{\geq n}} |P(A|B) - P(A)| \rightarrow 0, \quad n \rightarrow \infty,$$

где  $F_{\leq 0}$  и  $F_{\geq n}$   $\sigma$ -алгебры, порожденные, соответственно, семействами  $\{\xi_k, k \leq 0\}$  и  $\{\xi_k, k \geq n\}$ .

**Теорема.** Пусть  $\{\xi_n\}$  – стационарная последовательность, удовлетворяющая условию  $\varphi$ -перемешивания, функция  $f$  удовлетворяет условиям 1-5 и  $M|\xi_1|^p < \infty, 0 < q < p$ , и  $X_n = f(\xi_1, \dots, \xi_n)$ . Тогда

$$1. \max_{1 \leq k \leq n} EX_k^p \leq A \left( \max_{1 \leq k \leq n} EX_k^q \right)^{\frac{p}{q}} + B \max_{1 \leq k \leq n} E|\xi_k|^p, \quad \text{где } A > 0 \text{ и}$$

$B > 0$  не зависят от  $n$ ;

$$2. \text{Последовательности } \left\{ c_n^{-1} \max_{1 \leq k \leq n} X_k^p \right\} \text{ и } \left\{ c_n^{-1} \max_{1 \leq k \leq n} |\xi_k|^p \right\}$$

$(c_n > 0, n = 1, 2, \dots)$  равномерно интегрируемы или нет одновременно.

**Замечание.** Пусть  $S_n = \sum_{k=1}^n \xi_k, \sigma_n^2 = DS_n$ . Доказательство эк-

вивалентности равномерной интегрируемости  $\{\sigma_n^{-2} S_n^2\}$  и

$\left\{ \sigma_n^{-2} \max_{1 \leq k \leq n} \xi_k^2 \right\}$  позволило добиться в [2] существенного прогресса

в предельных теоремах для последовательностей с  $\varphi$ -перемешиванием. Утверждение 2 в теореме является очевидным аналогом этого факта.

## Литература

1. Гринь А.Г. О моментах обобщенных сумм // Математические структуры и моделирование. 2015. № 4(36). С. 23–28.

2. *Peligrad M.* An invariance principle for  $\phi$ -mixing sequences // *The Annals of Probability*. 1985. Vol. 13. № 4. P. 1304–1313.
3. *Ибрагимов И.А., Линник Ю.В.* Независимые и стационарно связанные величины. М.: Наука, 1965.
4. *Маршалл А., Олкин И.* Неравенства: теория мажоризации и ее приложения. М.: Мир, 1983.

УДК 514.12

***А.Н. Романов***

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

## **ИЗМЕРЕНИЕ РАССТОЯНИЙ В ПРОСТРАНСТВАХ ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ**

В этой работе мы рассматриваем поведение расстояния между точками (объектами) в пространствах, наделенных лоренцевой метрикой. В частности, нас интересует факт возможного наличия в пространстве точек (объектов), между которыми лоренцево расстояние может оказаться бесконечным.

Рассмотрим пространство так называемого цилиндрического типа, основой которого является пространство, являющееся двумерным цилиндром:  $M = R^1 \times S^1$  с метрикой  $ds^2 = -d\theta \cdot dt + f(t) \cdot (-dt^2 + d\theta^2)$ , где  $\theta \in [0, 2\pi)$  – угловая координата, а  $t$  – “вертикальная” координата времени, а  $f(t)$  – гладкая функция, зависящая от одного аргумента (от времени  $t$ ) со следующими свойствами:  $f(0) = 0$  и  $f(t) \rightarrow +\infty$  при  $t \rightarrow \pm\infty$ .

Данное пространство-время является хронологическим, так как в нём нет замкнутых времениподобных кривых, однако оно не является причинным: кривая  $\gamma(\theta) = (0, \theta)$  представляет собой замкнутую причинную (изотропную) кривую. Метрика имеет некоторую “особенность” при  $t = 0$  – она-то и создаёт замкнутую изотропную кривую, то есть имеет место нарушение

причинности. В областях  $t < 0$  и  $t > 0$  замкнутых причинных кривых нет.

Построим расширение данного пространства следующим образом: рассмотрим пространство  $T = (M \times_F H) = (M \times H, g \oplus F \cdot h)$ , где  $(M, g)$  – пространство-время, рассмотренное выше, а  $(H, h)$  – риманово многообразие с произвольной римановой метрикой  $h$ . Гладкая функция  $F : M \rightarrow (0, +\infty)$  является искривляющей функцией лоренцева искривлённого произведения  $M \times_F H$ .

Для этого пространства имеет место следующее утверждение: пусть  $T = M \times_F H$  – искривлённое лоренцево произведение, построенное выше. Тогда пространство-время  $M \times_F H$  допускает бесконечные значения своей лоренцевой функции расстояния.

Таким образом, в указанном пространстве-времени, хоть и нет замкнутых времениподобных кривых, но тем не менее, существуют точки (объекты), расстояние между которыми равно бесконечности.

## **Литература**

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

Секция  
«Компьютерные науки  
и информационная безопасность»

---

---

UDC 004

*K. Kato*

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

**HOW TO ASSIGN NUMERICAL VALUES TO PARTIALLY  
ORDERED LEVELS OF CONFIDENCE: ROBUSTNESS APPROACH**

**Outline.** In many practical situations, expert's levels of confidence are described by words from natural language, and these words are only partially ordered. Since computers are much more efficient processing numbers than words, it is desirable to assign numerical values to these degrees. Of course, there are many possible assignments that preserve order between words. It is reasonable to select an assignment which is the most robust, i.e., for which the largest possible deviation from the numerical values still preserves the order. In this paper, we describe such assignments for situations when we have 2, 3, and 4 different words.

**Need to assign numerical values to levels of confidence.** In many cases, it is desirable to describe experts' knowledge in a computer-understandable form. Experts are often not 100% confident in their statements; the corresponding degrees of confidence are an important part of their knowledge. It is therefore desirable to describe these levels of confidence in a computer-understandable form.

Experts often describe their levels of confidence by using words from a natural language, such as "most probably", "usually", etc. Since computers are much more efficient when they process numbers than when they process words, it is desirable to describe these levels of confidence by numbers. In other words, it is desirable to assign numerical values to different levels of certainty.

These numerical values are usually selected from the interval  $[0,1]$ , so that 1 corresponds to complete certainty, and 0 to full certainty that the statement is true.

There is an order  $\prec$  between levels, with  $a \prec b$  meaning that level  $b$  corresponds to higher confidence than level  $a$ . This order is often partial, i.e., there exist levels  $a$  and  $b$  for which it is not clear which of them corresponds to higher confidence. It is reasonable to assign degree in such a way that if  $a \prec b$ , then the degree assigned to level  $b$  is larger than the degree assigned to level  $a$ . Also, all assigned degrees should be strictly between 0 and 1 – since they describe different levels of certainty, not absolute certainty.

**Notations.** For simplicity, let us number all levels by 1, 2, ...,  $n$ . To these levels, we add ideal levels 0 (absolutely false) and  $n+1$  (absolutely true), for which  $0 \prec i \prec n+1$  for all  $i$  from 1 to  $n$ . Let us denote the numerical value assigned to the  $i$ -th level by  $n_i \in [0,1]$ .

In these terms, our requirement means that  $i \prec j$  implies  $n_i < n_j$ .

**How to assign?** There are many way to assign numbers to levels. For example, if we have  $n = 2$  levels with  $1 \prec 2$ , then possible assignments are possible tuples  $(n_0, n_1, n_2, n_3)$  for which  $n_0 < n_1 < n_2 < n_3$ . Of course, there are many such tuples. Which of the possible assignments should we select?

**Robustness as a possible criterion.** Computers are approximate machines. The higher accuracy we need, the more digits we should keep in our computations, and thus, the slower are these computations. Therefore, to speed up computations, we would like to store as few digits as possible, i.e., to replace the original values with approximate ones.

We want to make sure that this approximation preserves the order, i.e., that if we replace the original values  $n_i$  with approximate values  $n'_i$  for which  $|n'_i - n_i| \leq \varepsilon$  for the corresponding accuracy  $\varepsilon$ , we will still have the same order between the new values  $n'_i$  as between the old values. So, we want the numerical assignment which is, in this sense, *robust*.

The larger  $\varepsilon$ , the fewer digits we can keep and thus, the faster the computations. Thus, it is desirable to select the assignment for which the robustness  $\varepsilon$  is the largest possible. In precise terms, we want to select numbers  $n_i$  for which  $i \prec j$  implies  $n'_i < n'_j$  whenever  $|n'_i - n_i| \leq \varepsilon$  and  $|n'_j - n_j| \leq \varepsilon$  – for the largest possible value  $\varepsilon$ .

If we have two arrangements with the same  $\varepsilon$ , but one of them allows for larger deviations of at least one of the values  $n_i$  than the other one, then we should select this one – since it is more robust.

**What is known: case of a linear order.** In [1], we have shown that for the case of linear order, when  $1 \prec 2 \prec \dots \prec n$ , the most robust assignment is  $n_i = \frac{i}{n+1}$ , with the robustness  $\varepsilon = \frac{1}{2(n+1)}$ .

**What we do in this paper.** In this paper, we extend this result to partially ordered sets with up to 4 elements.

**1-element set.** This case is the easiest, since a 1-element set is, by definition, linearly ordered. So, in this case, we assign  $n_1 = 1/2$ .

**2-element set.**

- If the two elements are ordered ( $1 \prec 2$ ), then we assign  $n_1 = 1/3$  and  $n_2 = 2/3$ .

- If the elements are not related, then the most robust assignment is when  $n_1 = n_2 = 1/2$ .

**3-element set.** In this case, let us analyze different possible cases based on the number of *minimal* elements, i.e., elements which are not preceded by any others.

**Case of 3 minimal elements.** In this case, the three elements 1, 2, and 3 are unrelated, so the most robust assignment is  $n_1 = n_2 = n_3 = 1/2$ , with degree of robustness  $1/4$ .

**Case of 2 minimal elements.** Without losing generality, let us assume that 1 and 2 are minimal elements. Since the element 3 is not minimal, it has to have preceding elements. There are two subcases here: when both elements 1 and 2 are preceding and when only one of them is preceding; in the second case, without losing generality, we can assume that  $1 \prec 3$ .

- If  $1 \prec 3$  and  $2 \prec 3$ , then we should take  $n_1 = n_2 = 1/3$  and  $n_3 = 2/3$ .

- If  $1 \prec 3$  and 2 is not related, we should take  $n_1 = 1/3$ ,  $n_2 = 2/3$ , and  $n_3 = 1/2$ .

*Comment.* We get the same robustness level  $\varepsilon = 1/6$  for all possible values  $n_2 \in [1/3, 2/3]$ . We select  $n_2 = 1/2$  since for this value, the largest possible deviation of  $n_2$  preserves the order when all other values are  $\varepsilon$ -disturbed.

**Case of a single minimal element.** Without losing generality, we can assume that this minimal element is 1. Since 2 and 3 are not minimal, they have to have a preceding element, and since the only minimal element is 1, they have to have 1 as preceding. There are subcases: when 2 and 3 are unrelated and when they are related; in the second subcase, without losing generality, we can assume that  $2 \prec 3$ .

- If  $1 \prec 2$  and  $1 \prec 3$ , then we should have  $n_1 = 1/3$  and  $n_2 = n_3 = 2/3$ .

- If  $1 \prec 2 \prec 3$ , then we have a linear order, so we should have  $n_1 = 1/4$ ,  $n_2 = 1/2$ , and  $n_3 = 3/4$ .

**4 elements, all 4 minimal.** In this case,  $n_1 = n_2 = n_3 = n_4 = 1/2$ .

**4 elements, 3 minimal.** In this case, we have subcases depending on how many minimal elements precede the fourth (non-minimal) one.

- If we only have  $1 \prec 4$ , then  $n_1 = 1/3$ ,  $n_2 = n_3 = 1/2$ , and  $n_4 = 2/3$ .

- If  $1 \prec 4$  and  $2 \prec 4$ , then  $n_1 = n_2 = 1/3$ ,  $n_3 = 1/2$ , and  $n_4 = 2/3$ .

- If  $1 \prec 4$ ,  $2 \prec 4$ , and  $3 \prec 4$ , then  $n_1 = n_2 = n_3 = 1/3$  and  $n_4 = 2/3$ .

**4 elements, 2 minimal.** Here, we have subcases depending on whether non-minimal elements 3 and 4 are related, and whether both minimal element precede something.



- If 3 and 4 are unrelated and both 1 and 2 precede others, then  $n_1 = n_2 = 1/3$  and  $n_3 = n_4 = 2/3$ .

- If 3 and 4 are unrelated but only one 1 and 2 precedes others (e.g., 1), then  $n_1 = 1/3$ ,  $n_2 = 1/2$ , and  $n_3 = n_4 = 2/3$ .

- If 3 and 4 are related, then, without losing generality, we can assume that  $3 \prec 4$ . If both 1 and 2 precede others, then  $n_1 = n_2 = 1/4$ ,  $n_3 = 1/2$ , and  $n_4 = 3/4$ .

- If  $3 \prec 4$  and 2 does not precede anything, then  $n_1 = 1/4$ ,  $n_2 = n_3 = 1/2$ , and  $n_4 = 3/4$ .

**4 elements, 1 minimal.** The minimal element 1 should precede all other elements, and for other elements, we have the same possibilities as for the 3-element configuration. So, we get the following results.

- If  $1 \prec 2$ ,  $1 \prec 3$ , and  $1 \prec 4$ , then  $n_1 = 1/3$  and  $n_2 = n_3 = n_4 = 2/3$ .

- If  $1 \prec 2 \prec 4$  and  $1 \prec 3 \prec 4$ , then  $n_1 = 1/4$ ,  $n_2 = n_3 = 1/2$ , and  $n_4 = 3/4$ .

- If  $1 \prec 2 \prec 4$  and  $1 \prec 3$ , then the most robust assignment is  $n_1 = 1/4$ ,  $n_2 = 1/2$ ,  $n_3 = 5/8$ , and  $n_4 = 3/4$ . (Here,  $n_3$  is in the midpoint between  $n_1$  and  $n_5 = 1$ , to guarantee maximal robustness with respect to changing  $n_3$ .)

- If  $1 \prec 2 \prec 3$  and  $1 \prec 2 \prec 4$ , then  $n_1 = 1/4$ ,  $n_2 = 1/2$ , and  $n_3 = n_4 = 3/4$ .

- Finally, if  $1 \prec 2 \prec 3 \prec 4$ , then  $n_1 = 1/5$ ,  $n_2 = 2/5$ ,  $n_3 = 3/5$ , and  $n_4 = 4/5$ .

## References

1. *Kosheleva, O., Kreinovich, V., Osegueda Escobar, M., and Kato, K.* Towards the most robust way of assigning numerical degrees to ordered labels, with possible applications to dark matter and dark energy // Proceedings of the 2016 Annual Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society NAFIPS'2016, El Paso, Texas, October 31 – November 4, 2016, to appear.

*A.Y. Temerev<sup>1</sup>, E.V. Myakisheva<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup> University of Neuchatel, Neuchatel, Switzerland*

*<sup>2</sup> Dostoevsky Omsk State University, Omsk, Russia*

## **SCALE-FREE PROPERTIES OF ACTOR NETWORKS**

In this work we investigate the options for generation of scale-free networks with asynchronous algorithms preserving the locality property with actor model computations. We devised two generative algorithms that can produce scale-free structures under such constraints; the first one produces a fully hierarchical scale-free network, the second allows for cycles, but the resulting network is still highly centralized.

The defining feature of both algorithms is that they are recursively defined on homogeneous actors (each participating actor can either spawn additional actors, or link itself with parent actors already known at this stage). This allows for the highly efficient parallelized generation of scale-free structures in distributed environment with unlimited node count (as each actor needs to know only about its immediate surroundings, no global state is necessary to complete the algorithm execution). Since scale-free networks possess some unique properties allowing optimal routing and increased resilience, these algorithms can be useful in fast and robust deployments of sensor networks, mesh networks, and peer-arrangement of overlay network nodes.

The proof of scale-free properties of the networks generated by both algorithms is provided. Demonstration code is included, written in Scala programming language, using the Akka actor framework.

## **АЛГОРИТМЫ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОЧИХ УЧЕБНЫХ ПЛАНОВ**

Анализ учебных планов в целях оптимизации педагогической нагрузки процесс длительный и зависит от множества факторов, таких как учет аудиторного фонда и существующей системы поточности, принятой в вузе. В связи с этим возникает необходимость проведения предварительного анализа учебных планов с использованием возможностей автоматизированных систем с последующим выбором наиболее удобных альтернатив, предложенных системой [1].

Процесс анализа начинается с ввода нагрузки по всем кафедрам учебного заведения, формируемой из рабочих учебных планов (РУП).

После ввода нагрузки в систему необходимо проанализировать данные на дисциплины, которые ведутся более чем на 1 потоке с учетом языка обучения (в нашем случае, потоки с русским и казахским языком). Когда список таких дисциплин сформирован, необходимо выделить те, которые нельзя перемещать между семестрами. Причин этого может быть несколько, например, дисциплина входит в цикл обязательного компонента либо потоки уже сформированы и согласованы учебной частью. На следующем этапе для каждой дисциплины, которая ведется на разных потоках, необходимо отметить те, которые запланированы в разных семестрах, причем также необходимо учитывать язык обучения.

Таким образом, можно сформировать список дисциплин, которые желательно переместить в рамках одного учебного года, и тех, с которыми можно произвести эти замены в целях оптимизации потоков, а следовательно аудиторной нагрузки. Очевидно,

что список таких дисциплин можно сформировать, используя только автоматизированный анализ.

При дальнейшем анализе необходимо применить жадный алгоритм разделения задачи на последовательные независимые части. Очевидно, что проводится отдельный анализ РУП для разных форм обучения. Задача оптимизации учебных планов является задачей целочисленной оптимизации с булевыми переменными: 0 – осенний семестр, 1 – весенний. Ограничения на переменные очевидным образом накладываются из требования количества кредитов в каждом семестре. Для постановки задачи необходимо выбрать целевую функцию. Одним из подходов является возможность улучшения равномерности аудиторной нагрузки каждой кафедры. Понятно, что разность нагрузки по семестрам берется по модулю, а также используются веса, которые можно выбрать с учетом использования специализированных аудиторий.

Рассмотрим для примера анализ РУП очного отделения бакалавриата. На начальной стадии анализа рабочих учебных планов исключаем выпускные курсы, поскольку в последнем семестре у них теоретического обучения, следовательно, дисциплин для перемещения нет. Из оставшихся РУП в первую очередь необходимо просмотреть планы предвыпускных курсов, поскольку в них представлены только профилирующие предметы одной кафедры. Поэтому для этих групп формируем список предложений передвижения возможных дисциплин (причем здесь необходимо рассмотреть варианты перемещения дисциплин по кредитам либо сумме кредитов). Кроме того, здесь необходимо учитывать разрешенный диапазон учебной нагрузки (16–21 кредит в семестр). Анализ таких РУП проводится для каждой кафедры отдельно и содержит не более 4 РУП (для 4 и 3 годичного обучения, если кафедра является выпускающей по 2 специальностям). Выбор оптимального варианта можно произвести из всех предложенных автоматизированной системой учебной частью вместе с руководством кафедрой. При перемещении дисциплин общая нагрузка кафедры не изменяется.

После этого приступаем к анализу РУП вторых и первых курсов, который в свою очередь представляет собой также определенный алгоритм действий: произвести расчет аудиторной нагрузки каждой кафедры отдельно по семестрам (причем можно как с учетом так и без учета контингента); выбрать РУП, в которых можно что-то передвинуть по семестрам; работая с каждой проблемной дисциплиной отдельно, сформировать список предложений; сформировать блок из всех возможных вариантов.

На последнем этапе для анализа сформированного блока альтернатив следует выбрать один из возможных методов, таких как генетический алгоритм, построение дерева решения с отрезанием веток, динамическое программирование, вероятностный анализ и построение рандомизированного алгоритма, построение бинарного дерева поиска, расширение структур данных, задача о максимальном потоке и другие варианты [2]. Таким образом, выбор метода решения влияет на точность представленных данных в процессе построения модели, а также позволит оценить сложность системы [1].

### **Литература**

1. *Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л.* Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия – Телеком, 2006.
2. *Кармен Т., Лейзерсон Ч., Риверст Р., Штайн Кл.* Алгоритмы: построение и анализ. 2-е изд. пер. с англ. М.: Вильямс, 2002.

## **РАЗРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ ПО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ МАТЕМАТИКЕ**

Одной из важнейших задач высшей школы на современном этапе является воспитание компетентных, активных, инициативных выпускников, обладающих фундаментальной профессиональной подготовкой, умеющих самостоятельно осваивать новые знания и овладевать новыми технологиями. К сожалению, большинство студентов не осознают в полной мере цели изучения фундаментальных дисциплин, в число которых входит вычислительная математика, считая их «ненужными». Это связано, прежде всего, с неумением переносить знания, полученные при изучении одной дисциплины для объяснения процессов, изучаемых в других дисциплинах. Понимая важность изложения теории численных методов, нельзя не признать, что вопросы реализации численных методов являются отнюдь не техническими. Поэтому авторами разработан объектно-ориентированный подход к преподаванию дисциплины «Методы вычислений» [1–3], а также электронные средства обучения на основании данного подхода. Подобный подход позволяет параллельно с получением знаний, умений и навыков по вычислительным методам закрепить знания, умения и навыки по объектно-ориентированному программированию. Главной задачей курса является продемонстрировать на примере решения научных задач преимущества объектно-ориентированного программирования, реализованного в современных языках программирования, а также шаблонов проектирования.

Поскольку в последнее время намечается общий тренд перехода пользователей персональных компьютеров на мобильные платформы, что стало возможным благодаря увеличению мощности мобильных устройств вместе с уменьшением их размеров,

электронные средства обучения реализованы как для персонального компьютера, так и для мобильного телефона под Android-платформу.

Электронное средство обучения представляет собой веб-приложение, которое состоит из теоретического материала по всем темам, изучаемым в курсах «Методы вычислений», «Методы численного анализа», «Вычислительные методы алгебры», блока решения задач, а также лабораторных работ. В теоретической части подробно рассмотрены примеры, поэтому приложение может быть использовано и для заочного обучения и для дистанционного обучения, что является актуальным. Студенту предоставляется возможность выбрать раздел изучаемой дисциплины, изучить теоретический материал по этому разделу, а затем ввести в строку исходную задачу и получить решение. Приложение также предоставляет возможность построить графики решения или исходных функций. В лабораторных работах описаны основные классы для решения поставленных задач.

Связь вычислительной математики с естественнонаучными, общепрофессиональными и специальными дисциплинами позволит обеспечить более полное усвоение знаний, сформирует умения и навыки, которые помогут будущим программистам решать задачи, связанные с их профессиональной деятельностью.

## **Литература**

1. *Маркова Л.В., Корчевская Е.А., Красоткина А.Н.* Вычислительные методы алгебры. Практикум: пособие. Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2013. 148 с.
2. *Маркова Л.В., Адаменко Н.Д., Казанцева О.Г., Корчевская Е.А.* Формирование профессиональных компетенций у студентов специальности «Прикладная математика» // Вестн. Витебск. гос. ун-та. 2012. № 1(67). С. 116–121.
3. *Корчевская Е.А.* Современные численные методы в объектно-ориентированном изложении // Наука-образованию, производству, экономике: материалы 67 Региональной научно-практической конференции преподавателей, научных сотрудников и аспирантов, Витебск, 12–13 марта 2015 г.: в 2 т. / Витебский гос. ун-т; редкол.: И.М. Прищепа (гл. ред.) [и др.]. Витебск: ВГУ имени П.М. Машерова, 2015. Т. 1. С. 10–11.

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ ЗЕРНОХРАНИЛИЩ**

Благодаря высокому уровню специализации, рациональному размещению зерновых культур и уникальному биоклиматическому потенциалу себестоимость производства зерна в Казахстане примерно в 1,5–2 раза ниже, чем в близлежащих странах. Перспективы развития рынка зерна в Казахстане, как и в других зернопроизводящих странах мира, зависят, прежде всего, от способности производить и реализовать конкурентоспособную продукцию. Правительством Республики Казахстан приняты соответствующие меры по повышению конкурентоспособности аграрного сектора страны. Автоматизация аграрно-промышленного комплекса, современная механизация и развитие информационных технологий, позволяют с каждой единицы использующихся ресурсов получить большее количество, что является эффективным способом развития агропромышленного комплекса.

Инновационное развитие аграрно-промышленного комплекса замедляется из-за низкого уровня технологической оснащенности, а также техническим и технологическим уровнем промышленности. В то время как мировой и европейский опыт ведения сельскохозяйственных работ уже напрямую связан с автоматизацией производства, аграрный сектор Республики Казахстан в основном использует типовые, устаревшие схемы управления 60х годов прошлого века. Для повышения качества выпускаемой продукции необходима автоматизация производства.

В данной статье рассматривается вопрос проектирования SCADA системы, которая позволит обеспечить удаленное управление и мониторинг за технологическим процессом зернохрани-



лица. Наилучшее решение для данной задачи – реализация в виде SCADA-системы.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition – диспетчерское управление и сбор данных) представляет собой программное обеспечение, предназначенное для разработки или поддержки работы в реальном времени систем сбора, обработки, отображения и архивирования информации об объекте мониторинга или управления. Рассматриваемая SCADA система представляет собой верхний – программный уровень управления общей автоматизированной системы управления технологическими процессами зернохранилища силосного типа.

Сбор данных начинается на уровне ПЛК (программируемый логический контроллер) и включает показания измерительных приборов (датчиков уровня зерна, датчиков температуры зерна, датчиков влажности зерна), значения концевых переключателей положения заслонок и перекидного клапана, пуско-защитной аппаратуры двигателей, а также отчеты об отказе оборудования. Далее данные собираются в SCADA-системе и формируются таким способом, чтобы оператор диспетчерской, мог принять контролирующие решения (скорректировать или прервать стандартное управление средствами ПЛК). Кроме того, в проектируемую систему передаются данные с камер охраны и видеонаблюдения.

Рассматриваемая система мониторинга и управления должна решить следующий ряд задач:

- обмениваться данными с ПЛК в реальном времени;
- получать информацию с камер охраны и видеонаблюдения;
- обрабатывать информацию в реальном времени;
- управлять базой данных реального времени с технологической информацией;
- управлять тревожными сообщениями и аварийной сигнализацией;
- отображать информацию на экране монитора в понятной и удобной для оператора форме;
- генерировать отчеты о ходе технологического процесса;
- предоставлять web-интерфейс в качестве тонкого клиента для беспроводного взаимодействия со SCADA-системой;

– осуществлять защиту данных от несанкционированного воздействия.

Внедрение новых технологий необходимо для более качественного хранения зерна. Система удаленного управления и мониторинга позволит более эффективно использовать рабочий персонал и позволит исключить ухудшение зерна в силосе.

### **Литература**

1. *Исатаева К.Б.* Анализ экспорта и импорта зерна в Республике Казахстан / Европейская наука XXI века: материалы международной научно-практической конференции. 2012.
2. *Гурин Н.Ю.* Разработка системы электроснабжения и автоматизированного управления опытным образцом горизонтального элеватора: магистерская диссертация. Петропавловск, 2016. 90 с.
3. *Куцевич Н.* SCADA-системы, или муки выбора. URL: <http://asutp.ru/>.

УДК 002:372

***Е.В. Шевчук, К.Ю. Колыванов***

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

## **К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЗАДАЧ**

В настоящее время в системе образования наблюдается активное и массовое внедрение робототехники в учебный процесс. Во многих странах, в том числе и в Казахстане, робототехника является уже отдельной дисциплиной не только в профильных вузах, но и в школах, и, соответственно, в педагогических вузах.

Подготовка специалистов в данной области является новым процессом, который в таких масштабах начался относительно недавно, и потому еще существует масса нерешенных вопросов, в том числе и вопрос о выборе оптимальной платформы.

Оптимально для обучения подойдет та платформа, которая будет поддерживать как образовательную направленность, так и производственно-технологическую.

На рынке образовательной робототехники долгое время лидером оставалась фирма «Лего» из-за развитой инфраструктуры и поддержки своих продуктов, однако все изменилось с появлением более доступной в финансовом плане Arduino. Роботехнические системы на основе Arduino стали серьезным конкурентом для LegoMindstormsEV3 и NXT.

Реализация технических схем и интерфейсов взаимодействия с пользователем могут быть созданы без особых проблем как с использованием как стандартных, так и сторонних библиотек, и плагинов. Возможно так же использование довольно большого числа языков программирования, которые могут быть портированы в ArduinoIDE.

Стоит отметить, что RoboTrack основан на Arduino и, следовательно, обладает большинством полезных особенностей этой платформы, в частности, простотой использования и поддержкой большого числа периферийных датчиков и устройств.

Рассмотрим различные образовательные робототехнические комплекты в плане их универсальности и доступности. Ниже представлена сравнительная таблица робототехнических комплектов и ряда их характеристик, желательных с точки зрения их использования в школах и других учебных заведениях.

Как можно заметить, платформа Arduino обладает наличием всех необходимых характеристик, в отличие даже от платформ, взявших за свою основу Arduino и являющихся ее производными. Популярность Arduino обусловлена невысокой ценой, простотой использования, открытой средой разработки и программирования, наличием в свободном доступе справочной информации и открытых библиотек для управления различными устройствами посредством bluetooth или wi-fi.

На базе Arduino можно собирать абсолютно различные схемы: умные дома, системы контроля температуры, управления освещением, робототехники. Множество различных производителей используют Arduino для производства образовательных наборов по различным предметам, и по робототехнике в том числе.

### Сравнительная таблица характеристик робототехнических образовательных комплектов

№	Характеристики	Arduino	Mindstorms EV3	Triq	RoboTrack
1	Свободное подключение различной периферии	+	–	–	+
2	Открытая архитектура	+	–	+	–
3	Открытая среда разработки и программные библиотеки	+	–	–	–
4	Наличие доступной документации	+	+	+	+
5	Выгодная цена за комплект	+	–	+	–
6	Поддержка различных программно-аппаратных архитектур	+	+	+	+

Исходя из вышесказанного, по мнению авторов, на настоящий момент оптимальной для решения образовательных задач является платформа Arduino. В образовании такую платформу можно применять не только на соответствующих и комбинированных занятиях, но и при подготовке школьных и вузовских научных проектов.

Так, например, российские школьники, совместно с Московским Технологическим Институтом, подготовили научный проект на основе Arduino, где они применили теорию нейронных систем для управления насекомыми. В Казахстане данная область является пока сравнительно новой, однако процесс внедрения дисциплин робототехники уже запущен, и имеются первые положительные результаты. Таким образом, необходимы дальнейшие исследования в области технологий и методик преподавания робототехники в школах и в педагогических вузах.

*Н.В. Белан, Л.А. Луганская, И.В. Карасев*  
*Северо-Кавказский федеральный университет,*  
*г. Ставрополь, Россия*

## **СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ СТРУКТУРНОЙ СКРЫТНОСТИ СИСТЕМ СВЯЗИ С ОРТОГОНАЛЬНЫМИ СИГНАЛАМИ**

Повсеместное использование сетей третьего поколения (3G) на основе стандарта CDMA2000 (англ. Code Division Multiple Access – множественный доступ с кодовым разделением), применяющего разделение сигналов от разных каналов за счет присвоения каждому каналу своей адресной кодовой последовательности, сформированной по закону одной из шестидесяти четырех функций Уолша, позволяет реализовать более безопасный информационный обмен между пользователями по сравнению с другими стандартами [1–4].

Однако применяемые в стандарте последовательности Уолша обладают большими боковыми пиками, что способствует возникновению межканальных помех, поэтому их нецелесообразно использовать в качестве адресных последовательностей в сетях 3G [4].

Для устранения вышеуказанного недостатка применяют производные (составные) системы сигналов. Для их получения выполняют сложение по модулю два последовательности Уолша и кода Баркера, при этом последовательности должны содержать одинаковое количество элементов. В результате получают последовательность с низким уровнем боковых пиков. Но синтезированные последовательности также имеют недостаток – количество объемов производных сигналов ограничено ( $N = 64$ ).

Данный недостаток позволяет устранить разработанная авторами программа, осуществляющая синтез ортогональных последовательностей для  $N = 64$  и более. Результаты, получаемые на основе вычислений программы, позволяют реализовать стоха-

стическое применение полученных ортогональных последовательностей, что способствует повышению структурной скрытности сигналов – переносчиков информации.

### **Литература**

1. *Пашинцев В.П., Малофей О.П., Жук А.П.* Развитие теории синтеза и методов формирования ансамблей дискретных сигналов для перспективных систем радиосвязи различных диапазонов радиоволн. М.: Физматлит, 2010. 195 с.
2. *Жук А.П., Петренко В.И., Кузьминов Ю.В., Жук Е.П., Луганская Л.А.* Совершенствование способа обмена информацией в высокоскоростных беспроводных информационных сетях с использованием новых типов ансамблей дискретных последовательностей // Журнал современные проблемы науки и образования. М.: Издательский Дом «Академия Естествознания», 2013. 8 с.
3. *Залогин Н.Н., Кислов В.В.* Широкополосные хаотические сигналы в радиотехнических и информационных системах. М.: Радиотехника, 2006. 208 с.
4. *Никитин Г.И.* Применение функций Уолша в сотовых системах связи с кодовым разделением каналов: учебное пособие. СПб.: СПбГУАП, 2003. 86 с.

УДК 378.4

***Е.П. Жук, М.С. Ильченко, А.В. Студеникин***  
*Северо-Кавказский федеральный университет,  
г. Ставрополь, Россия*

## **ВОПРОСЫ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО ОТБОРА АБИТУРИЕНТОВ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ НА НАПРАВЛЕНИЕ «ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»**

Известно, что эффективность функционирования системы защиты информации организации во многом зависит от человеческого фактора. Преданность персонала службы безопасности

интересам предприятия, профессионализм, осознанное соблюдение им установленных правил защиты информации, и психологическая устойчивость являются залогом успешного решения задач защиты информации.

Специалисты в области информационной безопасности считают, что сохранность конфиденциальной информации более чем на 80 % зависит от правильного подбора, расстановки и воспитания персонала организации, в особенности персонала ее службы безопасности [1].

Помимо профессиональных способностей сотрудники службы защиты информации предприятия, должны обладать высокими моральными качествами, порядочностью, исполнительностью и ответственностью. Они добровольно соглашаются на определенные ограничения в использовании информационных ресурсов и вырабатывают в себе самодисциплину, самоконтроль действий, поступков и высказываний [2].

Анализ работ [1–3] показывает, что основными качествами при оценке персонала службы безопасности предприятия являются: образование, профессионализм, личная культура, моральные качества, этика.

С учетом того, что основная доля этих качеств формируется в период обучения и воспитания в школе и средних учебных заведениях, то существует задача осуществления углубленного комплексного отбора абитуриентов, наряду с обычным профессиональным отбором.

В настоящее время в вузах страны отбор абитуриентов по направлению «Информационная безопасность» ничем не отличается от отбора абитуриентов по другим направлениям подготовки, что вызывает очевидные противоречия в ходе дальнейшего учебного процесса, а также в формировании компетенций будущих выпускников.

В докладе предлагается последовательность действий приемной комиссии при отборе абитуриентов по направлению «Информационная безопасность», которая имеет следующий вид.

Первый этап – это изучение личных документов абитуриента.

Второй этап – это психологический анализа абитуриента, совместно с моделированием нестандартных ситуаций. Данный этап преследует следующие цели:

- выявить реальную причину желаниа обучаться по данному направлению;
- выявить возможные негативные склонности, которые при определенных обстоятельствах могут привести к нарушению законности в будущей деятельности;
- доказательство добровольного согласия абитуриента соблюдать правила защиты информации и иметь определенные ограничения в профессиональной деятельности и личной жизни.

При подборе абитуриентов осуществляется моделирование ситуаций, собеседование и тестирование, которое осуществляется с использованием специального программного обеспечения и направлено на выявление несоответствия мотиваций в различных логических группах вопросов.

Отобраннм для поступления в ВУЗ считается абитуриент, у которого результаты анализа документов, собеседований, проверок, тестов и психологического изучения не противоречат друг другу и не содержат данных, которые препятствовали бы приему на учебу по направлению «Информационная безопасность».

Методы психологического анализа абитуриента, совместно с моделированием нестандартных ситуаций, проводимые одновременно с анализом его личных документов, позволяют сделать достаточно обоснованные выводы о его пригодности к подготовке в ВУЗе по направлению «Информационная безопасность».

## **Литература**

1. *Ярочкин В.И.* Информационная безопасность: учебник для студентов вузов. М.: Академический Проект; Фонд «Мир», 2003.
2. *Степанов Е.А., Корнеев И.К.* Информационная безопасность и защита информации: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2001.
3. *Гринберг А.С., Горбачев Н.Н., Тепляков А.А.* Защита информационных ресурсов государственного управления: учебное пособие для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003.



## **ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРОГРАММНЫХ ПРОЕКТОВ НА ОСНОВЕ КОДОВОЙ КАРТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

Уязвимости программного обеспечения (ПО), эксплуатируемые взломщиками, ежегодно приносят убытки компаниям по всему миру. Одним из подходов к их устранению является анализ кода с целью поиска уязвимостей и способов их устранения. Однако, полный анализ кода может оказаться весьма трудоемким. Прогноз приблизительного числа уязвимостей, содержащихся в очередном релизе продукта, может быть полезен для оптимизации процесса устранения уязвимостей.

Существует несколько способов оценки числа уязвимостей. Один из них – это предварительный автоматизированный анализ исходных кодов проекта. Метрики динамики программного кода, предложенные в работе [1], численно описывают изменение кода проекта с течением времени, и в совокупности с информацией об уязвимостях в уже выпущенных версиях проекта могут быть использованы при оценке количества уязвимостей в новой версии.

Предлагаемый подход основывается на предположении, что существует уравнение регрессии, связывающее метрики динамики программного кода с количеством уязвимостей в этом коде. Однако, вид этого уравнения на настоящий момент неизвестен. Однако, имея фактические данные о найденных уязвимостях по версиям проекта и значения метрик его динамики, можно аппроксимировать уравнение с помощью применения нейронной сети.

Для решения этой задачи удобно использовать двухслойную нейронную сеть, обладающую следующими характеристиками:

- 1) первый слой сети содержит  $3^m$  нейронов, где  $m$  – количество метрик динамики;
- 2) количество входов нейронов первого слоя равно количеству метрик динамики;
- 3) функция активации нейронов первого слоя – логистическая;
- 4) второй слой сети содержит 1 нейрон, количество входов которого равно количеству нейронов первого слоя;
- 5) функция активации нейрона второго слоя – линейная.

Обучение сети удобно проводить методом Бройдена – Флетчера – Гольдфарба – Шанно, минимизируя нормализованное квадратичное отклонение [2].

Для решения обозначенных задач удобно воспользоваться разработкой сотрудников Международного центра по численным методам в прикладных науках, библиотекой OpenNN [3], написанной на языке C++. Библиотека предоставляет широкий набор классов для построения, конфигурации, обучения нейронных сетей. Однако, её серьёзным недостатком является качество предлагаемой документации [4]: многие описанные в ней классы и методы в действительности отсутствуют в библиотеке, а некоторые классы, необходимые для работы с нейронными сетями, не задокументированы вообще. Например, в документации предлагается строить нейронную сеть на основе класса `MultiLayerPerceptron`, связывая его непосредственно с объектом одного из классов алгоритмов обучения (например, `QuasiNewtonMethod`) через объект, наследующий от класса `ObjectiveFunctional`. Однако, в действительности сделать этого невозможно, поскольку в библиотеке нет класса `ObjectiveFunctional` и наследующих классов, а их функционал выполняет класс `PerformanceFunctional`. Кроме того, в действительности построение сети следует начинать с создания объекта незадокументированного класса `NeuralNetwork`, связывающего все классы настроек между собой.

Для наглядной демонстрации была написана программа на C++, выполняющая расчёт метрик динамики и аппроксимацию регрессии. В программу были внесены данные о дистрибутивах открытого проекта RabbitMQ, с версии 3.3.2 по 3.4.0. Согласно расчётам, в следующей версии RabbitMQ будет примерно 1,9 ошибок.

## Литература

1. Гольчевский Ю.В., Северин П.А., Никулов К.В. Построение кодовых карт и расчет метрик динамики кода для оценки безопасности разрабатываемого программного обеспечения // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2015. № 2. С. 98–105.
2. Numerical Optimization. Lecture Notes #18: Quasi-Newton Methods – The BFGS Method. URL <http://terminus.sdsu.edu/SDSU/Math693a/Lectures/18/lecture.pdf> (дата обращения: 04.10.2016).
3. Open NN: An Open Source Neural Networks C++ Library. URL: <http://opennn.cimne.com> (дата обращения: 04.10.2016).
4. Open NN User’s Guide. URL: <http://opennn.cimne.com/docs/Flood3UsersGuide.pdf> (дата обращения: 04.10.2016).

УДК 519.83

*А.Н. Мироненко*

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

## ОБРАБОТКА ДАННЫХ МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ

В работе предлагается исследовать возможность применения теории игр, а именно принятие решений в условиях определенности – метода анализа иерархий (МАИ) [1–3], с целью подготовить данные субъектах для их последующей кластеризации одним из существующих алгоритмов.

Применения МАИ совместно с алгоритмом кластеризации [4] для классификации субъектов можно условно разделить на два этапа: этап подготовки данных (Алгоритм формирования групп) и непосредственно сама классификация (Алгоритм определения принадлежности субъекта к группе).

Для решения задачи классификации субъектов предлагается использовать алгоритм кластеризации FOREL. Алгоритм работает с точками на  $n$ -мерном пространстве, т. е. нам необходимо представить субъектов которых мы хотим классифицировать в виде точек с  $n$ -координатами.

Прежде, чем приступить к классификации необходимо подготовить данные для работы с ними. Для этого используется МАИ. Перед субъектом ставится задача с определенными критериями выбора и альтернативами ее решения. Затем выполняется следующий алгоритм.

Алгоритм формирования групп:

1. Субъект для каждого из критериев указывает его важность относительно других;
2. Вычисляются относительные веса критериев;
3. Субъект указывает насколько каждая из альтернатив предпочтительнее других в пределах каждого критерия;
4. Вычисляются относительные веса альтернативных решений;
5. Вычисляются комбинаторные весовые коэффициенты для каждого из решений;
6. Используя полученные весовые коэффициенты как координаты, получаем точку в n-мерном пространстве.
7. Повторяем шаги с 1 по 6 для всех субъектов.
8. Для полученного множества точек, при помощи алгоритма FOREL, решается задача кластеризации.
9. Для каждого таксона определяются координаты центра масс.
10. Таксоны упорядочиваются по величине  $G=Y/X$ , где X и Y – координаты центра масс таксона.

После формирования таксонов проводится анализ каждого из них, с целью определить какую группу субъектов он характеризует. Мы смотрим какое количество субъектов того или иного класса попало в тот или иной таксон, в процентном соотношении от общего числа субъектов.

Алгоритм определения принадлежности субъекта к группе:

1. Перед новым субъектом, который мы хотим классифицировать, ставится задача с определенными критериями выбора и альтернативами ее решения.
2. Субъект выполняет шаги 1–6 алгоритма формирования данных для последующей классификации

Определяется принадлежность субъекта (n-мерной точки) к одному из таксонов.

## Литература

1. *Thomas L. Saaty* Decision making with the Analytic Hierarchy Process // International Journal of Services Sciences. 01/2008; №1(01): 83-98; doi: 10.1504/IJSSCI.2008.017590.
2. *András Farkas*. The Analysis of the Principal Eigenvector of Pairwise Comparison Matrices // Acta Polytechnica Hungarica. 2007. № 4. Issue Number 2.
3. *Недашковская Н.И.* Метод анализа иерархий в методологии сценарного анализа решения задач предвидения // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2010. № 9 (46). Т. 4.
4. Cluster Analysis. URL: <https://www.qualtrics.com> URL: <https://www.qualtrics.com/wp-content/uploads/2013/05/Cluster-Analysis.pdf> (дата обращения: 10.05.2016)

УДК 004.056.5

*К.А. Матюшин, Д.Н. Лавров*

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

## **АЛГОРИТМЫ ВСТРАИВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ В ИЗОБРАЖЕНИЯ НА ОСНОВЕ РАЗДЕЛЕНИЯ СЕКРЕТА**

Цифровой водяной знак используется для защиты авторских прав и интеллектуальной собственности, подтверждения целостности самого документа и определения его подлинности. Цифровая стеганография использует избыточность цифрового контейнера для внедрения в него скрытого сообщения, при этом изменения, возникающие в контейнере, не должны быть заметны ни органам чувств человека, ни специальным программным и аппаратным средствам.

Изменение изображения, содержащего цифровой водяной знак, может привести к потере водяного знака или декодер не сможет обнаружить его в контейнере. Такое изменение является

атакой на цифровой водяной знак (ЦВЗ). Цифровой водяной знак должен успешно противостоять атакам.

Существующие методы встраивания цифрового водяного знака не могут защитить от всех типов атак. Комбинация метода внедрения цифрового водяного знака и метода разделения секрета приведет к увеличению устойчивости перед атаками. Однако известные нам такие комбинации не предназначены для контейнеров малых размеров [2; 3]. Предлагается использовать метод Куттера – Джордана – Боссена в связке с методом разделения секрета Шамира для встраивания ЦВЗ в изображения. Метод Куттера – Джордана – Боссена обеспечит устойчивость к таким типам преобразований как изменение яркости, размытие, JPEG-сжатие. С другой стороны использование пороговой схемы разделения секрета позволит защитить цифровой водяной знак от обрезки, импульсного шума, копирования части изображения. В докладе представлены результаты проверки устойчивости данного подхода.

## **Литература**

1. *Митрофанова Е.Ю.* Нейросетевые сжимающие преобразования данных и алгоритмы создания цифровых водяных знаков в объектах мультимедиа. ВГУ, 2014.
2. *Dewi Rosaria Indah.* Pembangunan protocol secret sharing pada metode watermarking untuk audio digital. 2010.
3. *Shangqin Xiao, Hefei Ling, Fuhao Zou, Zhengding Lu.* Secret sharing based video watermark algorithm for multiuser // Digital watermarking: Springer-Verlag Berlin, 2009.

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ САМООРГАНИЗУЮЩИХСЯ СЕТЕЙ С БЫСТРОМЕНЯЮЩЕЙСЯ ТОПОЛОГИЕЙ**

Беспроводные сети с каждым днём становятся всё более актуальными. Они используются не только в домашних и офисных условиях (для организации локальных соединений), но также в заводских и полевых (распределённые сети контроллеров и интеллектуальных датчиков; транспортные mesh-сети). Для организации беспроводных соединений используются стандарты IEEE 802.11 Wi-Fi, IEEE 802.15.1 Bluetooth, IEEE 802.15.4 Zigbee. Самоорганизующиеся сети на базе технологии Wi-Fi описаны в стандарте IEEE 802.11s. Организацию сетей разных типов (как проводных, так и беспроводных) описывает стандарт IEEE 802.21.

В последнее время, в связи с развитием микроэлектроники и беспроводных технологий, набирают оборот самоорганизующиеся беспроводные сети с ячеистой топологией [1]. Одна из современных проблем – оперативное информирование населения в условиях чрезвычайных ситуаций [2], когда работа традиционной сетевой инфраструктуры может быть нарушена или преднамеренно выведена из строя. Это приводит к необходимости создания программно-аппаратных комплексов для быстрой организации информационного пространства.

Для создания надёжных и актуальных программно-аппаратных систем связи, способных взаимодействовать с имеющимся у населения оборудованием и образовывать самоорганизующуюся беспроводную динамическую сеть, необходимо провести тщательное исследование множества технических вопросов и провести ряд экспериментов.

Прежде всего требуется провести:

1. Моделирование изменений в сети, учесть постоянные перемещения коммуникационных и пользовательских устройств. Один из интересных вопросов – определение координат точки доступа [3] (коммуникационного оборудования).

2. Разработку алгоритма назначения конкретного канала связи [4], учесть пропускную способность и загруженность доступных каналов. В общем плане – разработать алгоритм упреждающей маршрутизации, способный предсказать будущее состояние топологии на основе предсказаний перемещений коммуникационного и пользовательского оборудования.

Для моделирования передвижения сетевых устройств, наблюдения за свойствами проектируемой беспроводной самоорганизующейся сети предлагается создание программного инструмента имитационного моделирования. Предполагается, что инструмент будет способен предоставить упрощённую экспериментальную виртуальную платформу проверки свойств сходимости проектируемой сети.

В рамках доклада будет представлен отчёт о разрабатываемой задаче, указаны направления актуальных исследований в области моделирования самоорганизующихся беспроводных сетей связи, проблем и предлагаемых способов решений.

## **Литература**

1. *Гусс С.В.* Самоорганизующиеся mesh-сети для частного использования // Математические структуры и моделирование. Омск: Ом. гос. ун-т, 2016. № 4(40). С. 48–62.
2. *Мельников М.И., Ковтун А.С.* Самоорганизующаяся сеть оперативного взаимодействия для нужд населения и специальных служб // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2014. № 2 (32). С. 281–286.
3. *Лавров Д.Н., Вишнякова О.А., Дудяк Е.И., Лаврова С.Ю.* Компьютерное моделирование оценивания координат точки беспроводного доступа по измерениям мощности принимаемых сигналов (РИНЦ) // Математические структуры и моделирование. Омск: Ом. гос. ун-т, 2014. № 2(30). С. 43–64.
4. *Легков К.Е., Донченко А.А.* Беспроводные mesh-сети специального назначения // Т-Сотм - Телекоммуникации и Транспорт. 2009. № 2. С. 36–37.



## **СХЕМЫ РАЗДЕЛЕНИЯ ПОТОКОВ В МАРШРУТИЗИРУЕМОЙ СРЕДЕ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ**

Современные телекоммуникационные среды, как правило, проектируются с избыточностью на физическом уровне для повышения надежности передачи и увеличения полосы пропускания информации в случае отказа одного или нескольких сегментов сети.

Надежность и конфиденциальность в системах передачи информации с многопутевой маршрутизацией предлагается повысить, используя схемы разделения секрета. Впервые данная тема была предложена Венчжинь Лу и Югуань Фанг, которые предложили использовать пороговую схему вкупе с одновременной передачей частей сообщения по различным каналам [1] в 2001 году.

На нашем факультете впервые данная проблема была обозначена в 2002 году В.И. Ефимовым и Р.Т. Фазулиным в работе «Система мультиплексированного ТСП/Р траффика» [2]. Развитие темы было продолжено в работах [3–6]. По теме была защищена диссертация В.И. Ефимова «Анализ уязвимостей в системе мультиплексирования разнесенных данных и ее модификациях» [7].

В данной работе предлагается реализовать варианты защищенности на основе схем, применяемых в технологиях RAID. Данные схемы могут использоваться как для повышения производительности, так и для обеспечения надёжности передачи данных. Кроме того, предлагается настраиваемый алгоритм маршрутизации с поддержкой технологий разделения секрета и отказоустойчивых избыточных независимых потоков с учётом метрик маршрутов.

## Литература

1. *Wenjing Lou, Yuguang Fang*. A multipath routing approach for secure data delivery // Proc. MILCOM. 2001. Vol. 2. P. 1467–1473.
2. *Ефимов В.И., Файзулин Р.Т.* Система мультиплексирования разнесенного TCP/IP трафика // Математические структуры и моделирование. 2002. Вып. 10. С. 170–172.
3. *Лавров Д.Н.* Схема разделения секрета для потоков данных маршрутизируемой сети // Математические структуры и моделирование: сб. научн. тр. под ред. А.К. Гуца. Омск: ОмГУ, 2002. Вып. 10.
4. *Лавров Д.Н., Орлов Н.В.* Атака на систему разделения секрета в маршрутизируемой сети // Развитие оборонно-промышленного комплекса на современном этапе: материалы научно-технической конференции (Омск 4–6 июня 2003 г.). Ч. 1. Омск: Омский госуниверситет, 2003. С. 197.
5. *Лавров Д.Н., Дулькейт В.И., Михайлов П.И., Свенч А.А.* Анализ надежности алгоритма разделения секрета в сетевых потоках // Математические структуры и моделирование: сб. науч. тр. под ред. А.К. Гуца. Омск: ОмГУ, 2003. Вып. 11.
6. *Лавров Д.Н.* Метод защиты двухканальной системы передачи сообщений // Актуальные вопросы развития образования и науки: материалы республиканской школы-семинара докторантов (Нижевартовск, 21–23 октября 2002 г.) / отв. ред. С.И. Горлов. Нижевартовск: Изд-во Нижеварт. пед. ин-та, 2003.
7. *Ефимов В.И.* Анализ уязвимостей в системе мультиплексирования разнесенных данных и ее модификациях. Омск, 2007.

## **РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБНАРУЖЕНИЯ БЕСПРОВОДНОЙ ТОЧКИ ДОСТУПА МЕТОДОМ ТРИЛАТЕРАЦИИ**

Рассматривается применимость линейной теории статистически оптимальных оценок в задаче обнаружения несанкционированной беспроводной точки доступа с помощью трилатерационной техники [1–2].

Приводятся результаты эксперимента по обнаружению источника сигнала в условиях наличия и отсутствия ошибок измерения ускорения и радиуса. Анализируется зависимость точности определения местоположения точки-источника от погрешности и количества точек-наблюдателей в системе.

В результате моделирования рассматриваются результаты работы алгоритма с применением фильтрации Калмана или с применением оптимального сглаживания на закреплённом интервале в зависимости от среднеквадратичного отклонения  $\sigma$ . Дается заключение о необходимости проведения эксперимента в реальных условиях в дальнейшем для выбора оптимального алгоритма.

### **Литература**

1. *Лавров Д.Н., Вишнякова О.А., Дудяк Е.И., Лаврова С.Ю.* Компьютерное моделирование оценивания координат точки беспроводного доступа по измерениям мощности принимаемых сигналов // Математические структуры и моделирование. Омск: Ом. гос. ун-т, 2014. № 2(30). С. 43–64.
2. *Лавров Д.Н., Вишнякова О.А., Лаврова С.Ю.* Математическая модель обнаружения точки беспроводного доступа по измерениям мощности излучения разнесёнными наблюдателями // Математические структуры и моделирование. Омск: Ом. гос. ун-т. 2013. Т. 28. № 2. С. 49–59.

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛИЧНОСТИ, РАЗМЕСТИВШЕЙ В СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ МАТЕРИАЛЫ, НАРУШАЮЩИЕ АВТОРСКОЕ ПРАВО**

Нарушение интересов обладателей авторских прав широко распространено в России. Например, согласно отчёту, опубликованному голландской компанией Considerati, по состоянию на 2014 год Россия с существенным отрывом лидирует по количеству незаконных загрузок [1]. Финансовые потери от действий рук пиратов колоссальны – ущерб от воровства интеллектуальной собственности только в США составляет 300 миллиардов долларов в год, что сравнимо с объёмом экспорта США в азиатские страны, говорится в отчете исследовательской организации IP Commission [2].

Значительную часть нарушений в области авторского права составляют видео- и аудиопиратство. Существует 2 основных канала распространения пиратского контента – пиринговые (P2P) и социальные сети. Если методы борьбы с первыми уже более-менее устоялись – торрент-трекеры регулярно включают в реестр запрещённых сайтов, то с пиратством в социальных сетях бороться сложнее – на месте одного удалённого файла обязательно всплывают десятки новых.

В качестве социальной сети для исследования возможности идентификации личности была выбрана социальная сеть «ВКонтакте» – крупнейшая социальная сеть СНГ. Данная социальная сеть неоднократно обвинялась в нарушении авторских прав. В ноябре 2010 года «ВКонтакте» был назван вторым сайтом в списке нелегальных распространителей музыки, опубликованном Американской ассоциацией звукозаписывающих компаний.

1 марта 2011 года власти США обвинили социальную сеть «ВКонтакте» в пиратстве.

Помимо исследования возможности идентификации личности, разместившей пиратский контент, в данной работе рассматриваются также методы поиска таких личностей в определённом населённом пункте и способы увеличения скорости работы с API социальной сети «ВКонтакте» при различных подходах обращения к нему.

Для выделения групп риска (сайтов и пользователей), которые потенциально могут быть склонны к незаконному размещению авторских материалов предлагается использовать метод латентного семантического анализа [3]. Тематика постов, обсуждений на форумах, переписки позволит выделить семантический домен, нарушителей и если корреляция Спирмена близка к домену нарушителей, то таких пользователей имеет смысл причислять к группе риска. Отслеживание групп риска и проведение профилактических мероприятий с ними позволит сократить число правонарушений.

## Литература

1. *Bart W. Schermer, Nathalie Falot.* «Omdat het gratis is» De schade voor de Nederlandse filmindustrie door downloaden uit illegale bron. Netherlands. 2014. URL: <https://ru.scribd.com/doc/230696705/Omdat-Het-Gratis-is-Consid-CentERdat-IViR-Small> (дата обращения: 10.10.2016)
2. The Report of the Commission on the Theft of American Intellectual Property. The National Bureau of Asian Research. USA. 2013. URL: [http://www.ipcommission.org/report/IP\\_Commission\\_Report\\_052213.pdf](http://www.ipcommission.org/report/IP_Commission_Report_052213.pdf) (дата обращения: 10.10.2016)
3. *Quesada J.F., Kintsch, W., Gomez, E.* A theory of Complex Problem Solving using Latent Semantic Analysis // W. D. Gray & C. D. Schunn (Eds.) Proceedings of the 24th Annual Conference of the Cognitive Science Society Fairfax, VA. Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ., 2002, pp. 750–755.

*А.А. Букатина, Д.Н. Лавров*

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

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПРОТОКОЛА EIGRP В СЛУЖБЕ МАРШРУТИЗАЦИИ LINUX QUAGGA**

В настоящее время, большую популярность набирают сети с динамической маршрутизацией. В Unix системах существуют различные демоны маршрутизации, такие как Quagga, GNU Zebra, XORP, bird и другие. Данные службы обмениваются между собой информацией, которая позволяет им заполнить таблицу маршрутизации кратчайшими с точки зрения метрики путями. Описанные службы позволяют Линукс-систему превратить в маршрутизатор. К сожалению, данные службы поддерживают не все протоколы маршрутизации, а качество их реализации, производительность и сравнение с проприетарными версиями не исследовано.

Одна из самых популярных служб, которая используется для динамической маршрутизации это Quagga, поддерживающая протоколы OSPF, BGP, RIP и IS-IS. Демон маршрутизации Quagga не имеет реализации протокола EIGRP. Исследуя возможные реализации протокола EIGRP была найдена реализация протокола доступная для службы маршрутизации Quagga от Jan Janavic.

В докладе представлены тесты работы сторонних реализаций протокола EIGRP и их взаимодействий с типовыми маршрутизаторами Cisco.

Разработан проект реализации EIGRP на языке C для службы Quagga.

### **Литература**

1. Quagga Routing Suite. URL: <http://www.nongnu.org/quagga/> (дата обращения: 10.10.2016).

2. Динамическая маршрутизация. URL: [http://xgu.ru/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F\\_%D0%BC%D0%B0%D1%80%D1%88%D1%80%D1%83%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F](http://xgu.ru/wiki/%D0%94%D0%B8%D0%BD%D0%B0%D0%BC%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B0%D1%8F_%D0%BC%D0%B0%D1%80%D1%88%D1%80%D1%83%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D1%86%D0%B8%D1%8F) (дата обращения: 10.10.2016).
3. Jan Janavic. Quagga-EIGRP. URL: <https://github.com/janovic/Quagga-EIGRP> (дата обращения: 10.10.2016).

УДК 004.932.2

***С.В. Белим, Д.Э. Вильховский***

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

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИХ ВСТАВОК В ИЗОБРАЖЕНИЯХ**

Целью данной работы является разработка алгоритма выявления стеганографических вставок в изображении, встраиваемых путем подмены наименее значимого бита в синей компоненте изображения. Для этого осуществляется проход по каждому пикселю изображения и анализ его вместе с окружающими пикселями. Используется система принятия решения, использующая метод иерархий [1], состоит из трех критериев и также анализирует окружающие 8 пикселей выбранного пикселя: первый критерий анализирует величину отклонения наименее значимого бита в выбранном пикселе от второго и третьего битов. Второй критерий используется для определения отклонения значения наименее значимого бита от соседних пикселей, третий критерий используется для выявления соседних по сторонам и углам пикселей. Исследования показали, что наиболее эффективно данный метод даёт результат для областей равномерной заливки. Поэтому реализован дополнительный модуль предобработки изображения для выявления областей равномерной и градиентной заливки [2]. Данные области выявляются с помощью вычисления

конечных разностей с дальнейшей аппроксимацией цветовой компоненты кусочно-линейной функцией. Параметры кусочно-линейной функции находятся методом наименьших квадратов.

Компьютерный эксперимент проводился на изображениях четырех типах изображений: равномерная заливка, градиент, искусственное изображение, изображение «Перцы». Для встраивания вставок использовались случайно выбранные пиксели. Для стеганографических вставок использовался уникальный текст, каждый бит которого добавлялся в наименее значимый бит из списка случайно выбранных пикселей. Предварительно текст был зашифрован с помощью алгоритма шифрования DES. Количество модифицированных пикселей составляло от 10 % до 20 %.

На изображении с равномерной заливкой эффективность алгоритма составила 100 % как при 10 %, так и 20 % встраивании пикселей все подмененные пиксели были обнаружены. Ложных срабатываний не происходило.

<i>Тип изображения</i>	<i>Встраивание – 10 % Правильно определенных пикселей</i>	<i>Встраивание – 10 % Ошибочно определенных пикселей</i>	<i>Встраивание – 20 % Правильно определенных пикселей</i>	<i>Встраивание – 20 % Ошибочно определенных пикселей</i>
Равномерная заливка	100 %	0 %	100 %	0 %
Градиент	80 %	30 %	85 %	32 %
Искусственное изображение	80 %	33 %	85 %	41 %
Фото «Перцы»	90 %	73 %	95 %	53 %

Как хорошо видно из таблицы эффективность определения встроенных пикселей достаточно высока. При усложнении изображения растет процент ошибочных срабатываний. Эффективность же реализованного алгоритма выявления стеганографических вставок остается достаточно высокой на всех изображениях, которые присутствовали в данном компьютерном эксперименте.

## **Литература**

1. *Белим С.В., Селиверстов С.А.* Использование метода анализа иерархий для выявления импульсного шума в графических объектах // Информационные технологии. 2015. № 4. С. 251–258.



2. Белим С.В., Селиверстов С.А. Алгоритм восстановления поврежденных пикселей на зашумленных изображениях на основе метода анализа иерархий // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. 2014. № 11. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/742145.html>.

УДК 004.056.53

**С.В. Усов**

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

## **АЛГОРИТМ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КЛЮЧЕЙ, СОГЛАСОВАННЫЙ С АСИММЕТРИЧНОЙ ПОЛИТИКОЙ РАЗГРАНИЧЕНИЯ ДОСТУПА**

Можно выделить два класса политик безопасности разной степени общности. Будем называть политику разграничения доступа симметричной, если субъект  $i$  обладает доступом к субъекту  $j$  одновременно с тем, что субъект  $j$  обладает доступом к субъекту  $i$ . Политику, в которой данное ограничение отсутствует, назовем асимметричной. В работах [1; 2] были предложены схемы предварительного распределения ключей, учитывающие симметричную дискреционную политику безопасности. В данной работе мы предложим алгоритм, подходящий для более общего случая, базирующийся на векторной схеме разделения секрета [3].

Долю секрета  $i$ -го пользователя по праву доступа  $r$  составляет множество точек  $X(i, r)$  в  $k$ -мерном подпространстве  $L(i)$ . Здесь под  $r$  может пониматься, например, право на чтение субъектом  $i$  объектов, принадлежащих другому субъекту, который, в свою очередь, не получает права чтения объектов, принадлежащих субъекту  $i$ . В открытом доступе хранится  $m$ -мерное подпространство  $Y(i)$ , сопоставленное  $i$ -тому пользователю, причем  $L(i)$  является подпространством  $Y(i)$ , то есть  $k < m < n$ . Алгоритм выработки общего ключа между  $i$ -м и  $j$ -м пользователями следующий:

1. Пользователь под номером  $i$  находит пересечение множеств  $X(i, r)$  и  $Y(j)$ . Если пересечение пусто либо содержит бесконечное множество точек, выработка общего ключа невозможна. Это значит, что  $i$ -й пользователь не обладает правом доступа  $r$  к объектам  $j$ -го пользователя в рамках применяющейся политики безопасности.

2. Если пересечение содержит конечное множество точек, то  $i$ -й пользователь вычисляет определенную функцию  $\Phi$  от координат этих точек (возможно, некоторые из точек необходимо выкинуть из рассмотрения при вычислении функции, в этом случае пользователь перебирает все варианты). Результат вычисления функции обозначим  $K_i(i, j, r)$ . Будем считать, что такой ключ один, хотя в общем случае их может быть несколько.

3. Симметричные действия предпринимает  $j$ -й пользователь по отношению к  $i$ -му. Его результат обозначим  $K_j(i, j, r)$ . Стоит обратить внимание на порядок параметров функции, который показывает, что право  $r$  рассматривается как право субъекта  $i$  в отношении субъекта  $j$ , но не в обратную сторону, что учитывает асимметричность распределения прав доступа в системе. Однако если для всех субъектов и прав доступа системы выполнено равенство  $K_i(i, j, r) = K_j(j, i, r)$ , получаем симметричную политику безопасности в качестве частного случая.

4. Пользователи сравнивают результаты. Если  $K_i(i, j, r) = K_j(i, j, r)$  (если у каждого пользователя получилось некоторое множество результатов, то должны совпадать хотя бы какие-то два элемента этих множеств), то  $K_j(i, j, r)$  является общим ключом связи между пользователями, то есть субъект  $i$  получает право доступа  $r$  в отношении субъекта  $j$ . Если же результаты не совпадают, то что  $i$ -й пользователь не обладает правом доступа  $r$  к объектам  $j$ -го пользователя в рамках применяющейся политики безопасности.

5. Поскольку состояние подсистемы безопасности изменяется со временем, то субъекты в процессе функционирования системы могут получать новые права доступа, а также лишаться старых. В случае дискреционной политики безопасности, например, происходит модификация матрицы доступов. Чтобы данные изменения нашли отражение в схеме распределения ключей, до-

статочно переслать по защищенному каналу пользователю, которого коснулись соответствующие изменения, новую версию множеств  $X(i, r)$ .

## Литература

1. *Усов С.В.* О возможности реализации схемы предварительного распределения ключей с дискреционным распределением доступа на основе векторной схемы разделения секрета // Шестой технологический уклад: механизмы и перспективы развития. Часть 1. Сборник материалов III Международной научно-практической конференции (Ханты-Мансийск, 13–14 ноября 2015 г.) / под общ. ред. С.Г. Пяткова. Ханты-Мансийск : Ред.-изд. отд. ЮГУ, 2015. С. 58–59.
2. *Белим С. В., Белим С. Ю., Поляков С. Ю.* Модификация схемы Блома предварительного распределения ключей с учетом дискреционной политики безопасности. // Информационная безопасность и защита персональных данных: Проблемы и пути их решения: материалы VI Межрегиональной научно-практической конференции / под ред. О.М. Голембиовской. Брянск: БГТУ, 2014. С. 13–14.
3. *Blakley G.R.* Safeguarding cryptographic keys // Proceedings of the 1979 AFIPS National Computer Conference. Monval, NJ, USA: AFIPS Press, 1979. P. 313–317.

УДК 004.652

***И.П. Убалехт***

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

## **ПРИМЕНЕНИЕ БИНАРНЫХ СВЯЗЕЙ АТРИБУТОВ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОГРАНИЧЕНИЙ ЦЕЛОСТНОСТИ РЕЛЯЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ**

В настоящее время существует довольно много подходов к построению схем реляционных баз данных (РБД).

В рамках разрабатываемого автором метода построения схем РБД используется понятие *бинарная связь атрибутов*

(БСА). БСА является удобным средством моделирования количественных взаимоотношений между атрибутами схемы РБД. Покажем использование БСА для моделирования такого важного ограничения целостности, как связь первичный ключ – внешний ключ.

Определим понятие «бинарная связь атрибутов».

*Определение 1.* Пусть  $A = \{A_1, .. A_n\}$  и  $B = \{B_1, .. B_k\}$  – множества атрибутов, где каждый атрибут из  $A$  и  $B$  обозначает множество допустимых значений – домен и, где  $n$  – мощность  $A$ ,  $k$  – мощность  $B$ ,  $R_1(A)$  и  $R_2(B)$  – отношения, то *бинарная связь атрибутов*  $BRA$  из  $A$  в  $B$  является правилом *RelShipType* получения  $BRA \subseteq R_1(A) \times R_2(B)$ . Эквивалентно можно сказать, что связью является само множество кортежей  $t_1[AB], .., t_m[AB] \in BRA$ , где  $m$  – мощность  $BRA$ . Бинарную связь атрибутов  $BRA$  из  $A$  в  $B$  также будем обозначать как:  $A \xleftarrow{\text{RelShipType}} B$ .

Из определения 1 видно, что БСА можно интерпретировать как математическое понятие *соответствие* (*correspondence*) [1]. Стоит отметить, что БСА не являются аналогами понятия «связь» в ER-модели.

На практике имеет значение некоторое множество правил *RelShipType*, таких как: один-к-одному, многие-к-одному и т. д. В разрабатываемом автором подходе используется 16 правил *RelShipType*, которые называются *типами* бинарных связей атрибутов или просто типами связей [2]. Часть типов связей учитывают случаи, когда некоторым элементам в одном множестве нет соответствий в другом множестве. Это связи с необязательным классом принадлежности или связи, при работе с которыми на практике часто используют *Null*-значения. Ниже приводится свойство БСА для типов связей имеющих *Null*-значения.

*Свойство 1.* Пусть  $A = \{A_1, .. A_n\}$  и  $B = \{B_1, .. B_k\}$  – множества атрибутов, где  $n$  – мощность  $A$ ,  $k$  – мощность  $B$ ,  $RS$  – связь атрибутов из  $A$  в  $B$ ,  $Anti-Dom RS = RS \setminus RS|_{Dom RS}$

а) Так как  $Dom RS \cap \pi_A(Anti-Dom RS) = \emptyset$ , то  $\{t[A] \in A \mid t[A] \in Dom RS\}$  либо  $\{t[A] \in A \mid t[A] \in Anti-Dom RS\}$ .

б) Так как  $Ran RS \cap \pi_B(Anti-Ran RS) = \emptyset$ , то  $\{t[B] \in B \mid t[B] \in Ran RS\}$  либо  $\{t[B] \in B \mid t[B] \in Anti-Ran RS\}$ .

То есть любое значение из области отправления связи либо имеет образ в области прибытия связи, либо образует кортежи с *Null*-значениями на месте элементов, принадлежащих атрибутам из области прибытия связи, то есть не имеет образа в области прибытия связи. Аналогично в обратном направлении относительно направления связи (часть б свойства 1).

Пусть  $R = \{X, Y, Z\}$  схема БД, пусть  $BRA_1 : X \xleftarrow{0..M:1..1} Y$  и  $BRA_2 : Y \xleftarrow{1..M:1..1} Z$  – БСА. Произведём декомпозицию  $R$  через связь  $BRA_2$  на два отношения  $R_1$  и  $R_2$ , в соответствии с алгоритмом Ульмана [3] и теоремой Хита:  $R_1 = Y^+$  и  $R_2 = (R - Y^+) \cup Y$  и к  $R_2$  дополнительно применим операцию  $R_2 = \sigma_{X \neq \text{Null}}(R_2)$ .

Из декомпозиции выше видно, что множество атрибутов  $Y$  присутствует в  $R_1$  и в  $R_2$ . Объект  $R_2[Y] \subseteq R_1[Y]$  является зависимостью включения, так как выполнено  $\pi_Y(R_2) \subseteq \pi_Y(R_1)$  [4]. То есть между  $R_1$  и  $R_2$  существует связь первичный ключ – внешний ключ. Связи  $BRA_1$  и  $BRA_2$  рассматриваются как ограничения целостности, то есть манипуляции с кортежами отношений  $R_1$  и  $R_2$  не должны нарушать БСА  $BRA_1$  и  $BRA_2$ . У отношения  $R_2$  отсутствуют *Null*-значения в первичном ключе, как это принято на практике, но при применении Outer Join (операция обратная декомпозиции осуществлённой выше (проекции) и операции  $R_2 = \sigma_{X \neq \text{Null}}(R_2)$ ) к  $R_1$  и  $R_2$  связь  $BRA_1$  допускающая *Null*-значения восстанавливается. Ограничение налагаемое БСА  $BRA_1$  и свойством 1 полностью совпадает с ограничением, налагаемым зависимостью включения  $R_2[Y] \subseteq R_1[Y]$ , следовательно с помощью БСА типа 0..M:1..1 можно моделировать связи первичный ключ – внешний ключ.

## Литература

1. Encyclopedic dictionary of Mathematics, Mathematical Society of Japan Staff, Kiyosi Ito. 2th ed. MIT Press Cambridge, 1993. 2168 p.
2. Убалехт И.П. Построение схем баз данных с использованием свойств связей между атрибутами // Труды XVII международной конференции DAMDID/RCDL'2015. Обнинск, 2015.
3. Elmasri R. Fundamentals of database systems. USA: Addison-Wesley, 2011. P. 1172.

4. *Levene M., Vincent M.W.* Justification for inclusion dependency normal form // *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. 2000. Vol. 12, no. 2, pp. 281–291.

УДК 004.053

***Е.А. Тюменцев***

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

## **ЛОКАЛИЗАЦИЯ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ SERVICE LOCATOR В ВЫЗЫВАЮЩЕМ КОДЕ**

Service Locator – это паттерн проектирования, который предоставляет единую точку доступа к некоторым сервисам в приложении. Впервые был описан Мартином Фаулером [1]. У специалистов нет единого мнения по поводу практики применения этого паттерна. Одна из претензий, которая высказывается противниками данного паттерна – Service Locator – это глобальный изменяемый объект, изменения в котором могут непредсказуемым образом в совершенно разных частях вызывающего Service Locator кода. В настоящей статье описывается прием, который позволяет локализовать влияние этих изменений в вызывающем коде.

Будем называть фрагмент кода, который изменяет/читает состояние Service Locator контекстом. Пусть у нас есть два контекста: один меняет состояние Service Locator'a, а второй – читает. Предположим, что нам необходимо, чтобы изменения в первом контексте никак не отразились на результате чтения во втором.

Введем понятие Scope. Scope – это хранилище ключ-значения, в котором Service Locator хранит свои внутренние данные. Приведем пример работы с таким хранилищем на языке Java:

```
(1) Object scopeKey = ScopeProvider.createScope();  
(2) IScope scope = ScopeProvider.getScope(scopeKey);  
(3) Object key = "someKey";  
(4) Object value = new SomeObject(  
(5) Scope.setValue(key, value);
```

```
...
(6) Object val1 = scope.getValue(key);
```

В первой строке создается новый `scope` и возвращается `scopeKey` – идентификатор этого хранилища. Во второй строке получаем ссылку на `scope` по идентификатору. В третьей строке определяется некоторый ключ, по которому будет сохраняться значение в `Scope`. Значение ключа зависит от предметной области. В пятой и шестой строка происходит запись/чтение объекта по ключу из `Scope`.

`Service Locator` делегирует хранение своего состояния экземпляру `Scope`. Чтение/запись происходит только в текущий `Scope`, то есть `Service Locator` сам не управляет экземплярами `Scope`. Управлением экземплярами `Scope` занимается внешний по отношению к `Service Locator` код: каждый контекст должен помнить ключ своего `Scope` и перед обращением в `Service Locator` устанавливать необходимый `Scope`, как показано в следующем примере:

```
(1) Object scopeKey = ScopeProvider.createScope();
...
(2) IScope scope = ScopeProvider.getScope(scopeKey);
(3) ScopeProvider.setCurrentScope(scope);
```

В случае, если один контекст вызывается из другого, возникает задача восстановления текущего `Scope` при возврате из вложенного `Scope`. Для этого следует использовать принцип RAII (выделение ресурса есть инициализация) [3]. Для этого на языке Java можно определить класс `ScopeGuard`, наследник от `AutoCloseable`, который будет запоминать текущий `Scope`, устанавливать новый, а при вызове метода `Close` восстанавливать обратно старый (тот, который был запомнен). Ниже показан фрагмент юнит-теста, который иллюстрирует применение `ScopeGuard`.

```
(1) Object scope1Key = ScopeProvider.createScope();
(2) IScope scope1 = ScopeProvider.getScope(scope1Key);
(3) Object scope2Key = ScopeProvider.createScope();
(4) IScope scope2 = ScopeProvider.getScope(scope2Key);
(5) ScopeProvider.setCurrentScope(scope1Key);
(6) try(ScopeGuard guard = new ScopeGuard(scope2Key)) {
(7) assertEquals(scope2, ScopeProvider.getCurrentScope());
(8) }
(9) assertEquals(scope1, ScopeProvider.getCurrentScope());
```

Разделение состояния `Service Locator`'а на разные `Scope` позволяет оградить одни контексты от влияния других. Полная документация по `Scope` с примерами размещена по адресу [5].

## Литература

1. *Fauler M.* Inversion of Control Containers and the Dependency Injection pattern // Блог Мартина Фаулера. 23.01.2004. URL: <http://martinfowler.com/articles/injection.html> (дата обращения: 10.10.2016).
2. *Страуструн Б.* Язык программирования C++б спец. изд. / пер. с англ. М.; СПб.: Изд-во «БИНОМ» – «Невский Диалект», 2001. 1099 с., ил. С. 419.
3. To Use Scopes // Документация проекта SmartActors. URL: <http://smarttools.github.io/smartactors-core/develop/tutorials/ScopeExample.html> (дата обращения 10.10.2016).

УДК 004.056.5:004.932

*П.Н. Лазаренко, Д.Н. Лавров*

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

## РАЗРАБОТКА СТРУКТУРЫ ПРОТОТИПА СИСТЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ЛИЧНОСТИ ПО РИСУНКУ ВЕН ПАЛЬЦЕВ РУКИ

В работе представлены алгоритмы получения, обработки и выделения характерных признаков из фотографий рисунков вен пальцев руки. Структура разрабатываемой системы делится на несколько характерных блоков.

**1. Получение изображения.** Используется transmission метод, при котором палец находится между камерой и светодиодами. Для получения изображений используется обычная вебкамера с удалённым инфракрасным фильтром. Для подсветки, используются матричные светодиоды, которые дают инфракрасный свет с длиной волны 850 нм. Это обусловлено тем, что венозный гемоглобин (deoxygenated hemoglobin) хорошо поглощает инфракрасный свет, поэтому вены будут выглядеть более контрастно.



**2. Предварительная обработка.** При сегментации кровеносных сосудов по возможности используется зелёный канал вместо привычного серого. Это делается потому, что зелёный канал содержит максимальную локальную контрастность между фоном и объектом. Помимо использования зелёного канала применяется Растяжение гистограммы, или в идеале контрастно-ограниченное адаптивное выравнивание гистограммы (clahe). Для упрощения сегментации сосудов вначале удаляется фон. Это делается при помощи вычитания исходного изображения из сглаженного average фильтром изображения. Размеры окна фильтра выбираются равными максимальной толщине сосудов в пикселях. Для удаления границ вычисляется маска при помощи порогового преобразования, в нашем случае это метод Оцу, и вычитается из полученного на предыдущем шаге изображения. После чего ещё раз применяется clahe.

Перед скелетизацией проводится бинаризация. Во время разработки были рассмотрены и реализованы пороговые алгоритмы бинаризации. Для бинаризации вен, на мой взгляд, из всех представленных здесь алгоритмов больше всего подходит метод Оцу, так же используется тестовый алгоритм под названием SimpleBin, придуманный в процессе работы. Все эти алгоритмы (кроме DoubleTresholdBin) ищут порог автоматически и если значение интенсивности пикселя больше порога, то пиксель является значимым и принадлежит объекту на изображении, а не фону.

**3. Скелетизация.** В зависимости от различных факторов, например температуры окружающей среды, диаметр вен может меняться очень сильно даже для одного человека. Чтобы произвести точное распознавание, нужно произвести скелетизацию. Термин скелетизации описывает представление рисунка вен совокупностью тонких дуг и кривых. Существует достаточно методов скелетизации, каждый из которых имеет ряд положительных и отрицательных свойств. После реализации и тестирования 3-х из них выбран алгоритм Зонга-Суня [1]. Основная идея алгоритма Зонга-Суня заключается в том, что на каждом шаге, пробегая по изображению рамкой 3x3, проверяется принадлежность каждого пикселя к границе заданной связанной области. Если условия проверки выполняются, то пиксель удаляется из области. Вне

зависимости от количества выполненных шагов область останется связной, в предельном случае она вырождается в линию толщиной в один пиксель.

**4. Выделение характерных признаков.** Под особыми точками, я понимаю точки пересечения ветвей, а так же точки являющиеся концами ветвей. Все остальные будем называть обычными. Мною был придуман алгоритм, суть которого в следующем: Для того, чтобы решить, к какому типу принадлежит пиксель, рассмотрим его 8 соседей в окрестности  $3 \times 3$ . По количеству связок (это блок из 2 пикселей рядом) и просто одиночных пикселей в данной окрестности, мы и определим тип точки. Мне кажется визуально это проще воспринимать, поэтому взглянем на некоторые примеры. (может пояснить (см. комментарии в алгоритме))

**5. Обрезание незначущих ветвей.** Алгоритм обрезания, используется для улучшения результата скелетизации, уменьшает число мелких ветвей, которые возникают как побочный продукт последнего. Ветви удаляются путем измерения расстояния вдоль вены от его конечных точек до ближайших точек пересечения. Если расстояние меньше, чем пороговое значение, то ветвь удаляется. Пока экспериментально выяснено, что порога в 15–20 пикселей достаточно.

**6. Распознавание.** Существует множество алгоритмов для распознавания, но мы только подошли к этому этапу и реализовали только один метод, который вполне нас устраивает на данный момент. Модифицированное расстояние Хаусдорфа. МРХ является мерой того, насколько далеко два набора особых точек друг от друга. Чтобы сделать эту меру менее чувствительной к шуму, мы берем ее усредненное значение. Так же вводится ограничение на отдельную дистанцию для каждой точки. Здесь лимит установлен на 20, так как это дает лучшие результаты на практике. Ограничивая сверху каждое такое расстояние, мы уменьшаем влияние шумовой ветви на общее среднее расстояние. Это также делает меру расстояния более устойчивой к шуму, и более надежной.

Для хранения биометрических образцов планируется использовать структуру базы данных разработанную в [2].

## **Заключение**

В данном докладе описано текущее состояние работы над проектом. В планах создание прибора для получения снимков, сбор биометрических образцов и проведение масштабного компьютерного эксперимента.

## **Литература**

1. *Лазаренко П.Н., Лавров Д.Н.* Оценка алгоритмов скелетизации в рамках исследований по сегментации кровеносных сосудов // Математическое и компьютерное моделирование [Электронный ресурс] : материалы III Международной научной конференции (Омск, 12 ноября 2015 г.) / [отв. за вып. И. П. Бесценный]. Электрон. текст. дан. Омск : Изд-во Ом. гос. ун-та, 2015. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см. С. 153–155.
2. *Лавров Д.Н., Вишнякова О.А., Казанцева А.Г.* Проектирование мультибиометрической базы данных для компьютерного моделирования распознавания личности // Вестник Омского университета. 2013. № 4. С. 207–212.

УДК 004.932

***С.В. Белим, П.Г. Черепанов***

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

## **ВСТРАИВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ В ВИДЕОПОТОК НА ОСНОВЕ ТРЕХМЕРНОГО ДИСКРЕТНОГО КОСИНУСНОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ**

Задача встраивания цифровых водяных знаков в видеопоток активно решается последние двадцать лет в основном в связи с проблемой выявления фактов несанкционированного копирования информации. В данной статье предложен подход к встраиванию цифровых водяных знаков, основанный на трехмерном дискретном косинусном преобразовании и использовании цифровой

голограммы цифрового водяного знака. В качестве цифрового водяного знака используется монохромное изображения. Основная цель предложенного метода в повышении устойчивости системы к импульсному шуму и атаке потери кадров.

Для встраивания использовался трехмерный метод, основанный на двухмерном методе Коха и Жао [1]. Встраивание осуществлялось в канал одного цвета. В результате исследования был предложен следующий алгоритм:

1. Разобьём исходный видеопоток на блоки из  $N$  кадров.
2. Разобьём каждый блок на подблоки размером  $N \times N \times N$  пикселей.
3. Вычислим матрицу дискретных косинусных коэффициентов для каждого подблока, то есть применить следующее выражения для каждого подблока:

$$f_{\nu, \nu, \kappa}^i = \left( \zeta(\nu) \cdot \zeta(\nu) \cdot \zeta(\kappa) / \sqrt{\frac{8}{N^3}} \right) \times \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} \sum_{z=0}^{N-1} f_{x,y,z}^i \times \cos\left(\frac{\pi \cdot \nu \cdot (2 \cdot x + 1)}{2 \cdot N}\right) \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot \nu \cdot (2 \cdot y + 1)}{2 \cdot N}\right) \cdot \cos\left(\frac{\pi \cdot \kappa \cdot (2 \cdot z + 1)}{2 \cdot N}\right)^2$$

где  $\nu$ ,  $\nu$ ,  $\kappa$  – позиция коэффициента в новой матрице.

4. Выберем две точки из области среднечастотных компонент, т. е. точки лежащий вдоль второстепенной диагонали  $(0, 0, N) - (N, N, 0)$ .

5. Определим оптимальную величину порога  $P$ , минимизирующую влияние на исходный видеопоток и максимизирующую надежность встраиваемого водяного знака.

6. Последовательно встроим каждый бит цифрового водяного знака в соответствующий подблок дискретных косинусных коэффициентов согласно следующим формулам:

$$\begin{aligned} \tilde{f}_{\nu_1, \nu_1, \kappa_1}^i &= Z_1^i(\nu_1, \nu_1, \kappa_1) \cdot \tilde{\omega}_1^i(\nu_1, \nu_1, \kappa_1) \\ \tilde{f}_{\nu_2, \nu_2, \kappa_2}^i &= Z_2^i(\nu_2, \nu_2, \kappa_2) \cdot \tilde{\omega}_2^i(\nu_2, \nu_2, \kappa_2) \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} \varpi_1^i(v_1, v_1, \kappa_1) &= \\ &\begin{cases} P + \omega_2^i(v_2, v_2, \kappa_2) + 1, & \text{если } (\omega_1 - \omega_2) \leq P \text{ и } m_i = 0 \\ \omega_1^i(v_1, v_1, \kappa_1), & \text{если } (\omega_1 - \omega_2) > P \text{ и } m_i = 1 \end{cases} \\ \varpi_2^i(v_2, v_2, \kappa_2) &= \\ &\begin{cases} P + \omega_1^i(v_1, v_1, \kappa_1) + 1, & \text{если } (\omega_1 - \omega_2) \geq P \text{ и } m_i = 1 \\ \omega_2^i(v_2, v_2, \kappa_2), & \text{если } (\omega_1 - \omega_2) < P \text{ и } m_i = 0 \end{cases} \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} Z_1^i(v_1, v_1, \kappa_1) &= \begin{cases} -1, & \text{если } f_{v_1, v_1, \kappa_1}^i < 0 \\ 1, & \text{если } f_{v_1, v_1, \kappa_1}^i \geq 0 \end{cases} \\ Z_2^i(v_2, v_2, \kappa_2) &= \begin{cases} -1, & \text{если } f_{v_2, v_2, \kappa_2}^i < 0 \\ 1, & \text{если } f_{v_2, v_2, \kappa_2}^i \geq 0 \end{cases} \\ \omega_1^i(v_1, v_1, \kappa_1) &= |f_{v_1, v_1, \kappa_1}^i| \\ \omega_2^i(v_2, v_2, \kappa_2) &= |f_{v_2, v_2, \kappa_2}^i| \end{aligned}$$

7. Применим к каждому из подблоков коэффициентов дискретного косинусного преобразования обратное преобразование;

8. Соберем из полученных подблоков блоки из  $N$  кадров.

9. Соберем видеопоток из полученных блоков.

Для повышения устойчивости цифрового водяного знака к модификации потока предлагается встраивать не сам цифровой водяной знак, а его голограмму, т.к. голограмма обладает возможностью восстановить исходное изображение по любой части голограммы, но с некоторыми потерями [2]. Для построения голограммы был предложен следующий алгоритм:

1. Положим интенсивность опорного луча света в каждой точке голограммы равной половине исходной интенсивности, т. е. 128.

2. Возьмем длину волны источника света.

3. Вычислим для каждой точки голограммы интенсивность объектного света, т.е. вычислим значение следующей функции для каждой из точек изображения:

$$\varepsilon_{об}(\tilde{x}, \tilde{y}) = \sum_{x=0}^N \sum_{y=0}^N I(x, y) \times 3 \times \cos \frac{d}{\lambda}$$

4. Сложим для каждой точки голограммы полученную интенсивность объектного света с интенсивностью опорного света.

Было проведено исследование с целью протестировать устойчивость цифровых водяных знаков, встроенных с помощью предложенного метода, к преднамеренным искажениям видеопотока посредством импульсного шума, а так же атаки потери кадров. Полученные в результате экспериментов данные показывают, что предложенный метод, позволяет обеспечить большую надежность водяного знака, сохраняя при этом аналогичную меру скрытности, что позволяет использовать его в широком диапазоне задач отслеживания транзакций.

## Литература

1. Koch E., Zhao J. Towards robust and hidden image copyright labeling // IEEE Workshop on Nonlinear Signal and Image Processing. 1995. P. 452–455.
2. Smirnov M. V. Holographic approach to embedding hidden watermarks in a photographic image // Journal of Optical Technology. 2005. Vol. 72. Issue 6, pp. 464–468.

УДК 004.451.56

**Д.М. Бречка, А.А. Литвиненко**

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

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МАНДАТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ В ОС WINDOWS

ОС семейства Windows NT используют дискреционные политики для управления доступом к файлам, но при этом не предоставляют возможности управления доступом на основе мандатов.

В то же время, мандатное управление доступом (помимо прочего) необходимо для соответствия СВТ 4 классу защищенности согласно руководящему документу ФСТЭК «Средства вычислительной техники. Защита от несанкционированного доступа к информации. Показатели защищенности от несанкционированного доступа к информации».

Для соответствия этому требованию, ОС должна содержать следующие компоненты:

1. Диспетчер доступа – средство, перехватывающее все обращения субъектов (пользователей) к объектам (файлам) и принимающее решение о разрешении (или запрете) доступа, исходя из заданных мандатных ПРД.

При этом, пользователь должен иметь право читать только те файлы, уровень безопасности которых не превышает его собственный уровень безопасности (это обеспечивает защиту информации более высокоуровневых пользователей от доступа со стороны низкоуровневых пользователей), и записывать информацию только в те документы, уровень безопасности которых не ниже его собственного уровня безопасности (это правило предотвращает нарушение режима доступа со стороны высокоуровневых участников процесса обработки информации к низкоуровневым пользователям).

2. Средство администрирования мандатных ПРД – пользовательский интерфейс, обеспечивающий сопровождение КСЗ, а именно, предоставляющий возможность изменения классификационных уровней субъектов и объектов специально выделенными субъектами [1].

Диспетчер доступа должен гарантированно перехватывать все запросы к файлам от всех пользователей и принимать решение об их разрешении или запрете. Реализация подобной функциональности неизбежно влечёт за собой необходимость перехвата системных вызовов.

Существует несколько коммерческих продуктов, позволяющих перехватывать системные вызовы, одни из них позволяют перехватывать только доступ к объектам файловой системы, другие предоставляют более широкий спектр возможностей. В то же время, эти продукты различаются по уровню реализации – одни

представляют из себя SDK, которые можно использовать при разработке своего продукта, другие же работают на более высоком уровне и скорее

Для достижения поставленной цели был выбран метод разработки собственного драйвера мини-фильтра файловой системы, т.к. этот подход представляет собой самый простой способ перехвата обращений к файловой системе. Microsoft так же предоставляет набор примеров мини-фильтров, исходный код которых открыт и выложен в свободный доступ в репозитории на Github [2].

Для простоты реализации было принято решение хранить данные об уровнях доступа объектов и субъектов в отдельных файлах в папке Windows текущей ОС.

1. macLevels.dat – содержит существующие в системе уровни доступа.

2. macObjects.dat – содержит сопоставление уровней доступа объектам.

3. macSubjects.dat – содержит сопоставление уровней доступа субъектам.

Роль панели администрирования выполняет Win32-приложение, написанное на языке C#. Графический интерфейс был реализован на Windows Presentation Foundation с использованием паттерна MVVM [3]. Роль диспетчера доступа выполняет драйвер мини-фильтра файловой системы.

Результаты тестирования полученной системы полностью совпадают с ожидаемыми результатами, что позволяет сделать вывод о корректности реализованного монитора безопасности.

## **Литература**

1. Руководящий документ Средства вычислительной техники. Защита от несанкционированного доступа к информации. Показатели защищенности от несанкционированного доступа к информации.
2. Installable file systems driver design guide. URL: <https://msdn.microsoft.com/windows/hardware/drivers/ifs/index> (дата обращения: 27.09.2016).
3. Introduction to Model/View/ViewModel pattern for building WPF apps URL: <https://blogs.msdn.microsoft.com/johngossman/2005/10/08/introduction-to-modelview-viewmodel-pattern-for-building-wpf-apps/> (дата обращения: 27.09.2016).



**АЛГОРИТМ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ,  
ОСНОВАННЫЙ НА ПОИСКЕ СООБЩЕСТВ НА ГРАФАХ**

Традиционные алгоритмы сегментации, основанные на представлении изображения в виде некоторой функции с последующим анализом либо её значений, либо значений её производной, имеют ряд ограничений при обработке фотографических изображений. Эти ограничения обычно преодолеваются предобработкой изображений, например, фильтрацией. Однако предобработка, как правило, приводит к размытию изображения, что отрицательно сказывается на результатах сегментации. В связи с этим в последнее время активно стал развиваться подход к сегментации, основанный на сопоставлении изображению некоторого графа с последующим разбиением на подграфы [1–5].

В работе предложен алгоритм сегментации изображений, основанный на поиске сообществ на графах. Изображение представляется в виде неориентированного взвешенного графа, на котором осуществляется поиск сообществ. Каждому пикселю сопоставляется вершина графа. Ребрами соединяются только соседние пиксели. Вес ребер определяется разностью интенсивности трех цветовых составляющих цветов пикселей:

$$d(v_1, v_2) = \exp\left(-\frac{1}{h}\sqrt{(r_i - r_j)^2 + (g_i - g_j)^2 + (b_i - b_j)^2}\right),$$

где  $r_i, g_i, b_i$  – красная, зелёная и синяя составляющие цвета пикселя соответственно. А  $h$  – определяется пользователем и является общим для всего изображения. Данный параметр влияет на чувствительность алгоритма сегментации к градиенту изменения интенсивности цвета на изображении. Чем выше значение  $h$ , тем менее чувствителен вес ребра к перепадам цвета и тем больше

размеры сегментов. Параметр  $h$  определяет величину перепада цвета, которая воспринимается алгоритмом как отклонение от равномерной заливки.

Для определения принадлежности какой-либо вершины графа какому-то сообществу используется функция модульности Ньюмана. Таким образом, в ходе работы алгоритма для каждой вершины графа проверяется насколько изменится величина модульности при присоединении к ней какой-нибудь из соседних вершин. Если изменение функции модульности положительно, тогда вершину стоит присоединять (предварительно проверяется, что данная вершина оказывает наибольшее положительное влияние на величину модульности). Как только присоединение дополнительных вершин не показывает положительное изменение функции модульности, полученный набор вершин считается сообществом, а алгоритм начинает свою работу заново с первой вершиной графа пока ещё не состоящей ни в водном сообществе.

На выходе алгоритма получается набор сообществ, которым соответствуют области на изображении.

В ходе компьютерного эксперимента было показано, что в зависимости от параметра  $h$  можно изменять уровень детализации при разбиении изображения на сегменты. Также, было показано, что алгоритм устойчив при добавлении импульсного шума на изображение: наличие поврежденных пикселей не влияет на выделение крупных сегментов, так как подавляющее большинство поврежденных пикселей идентифицируется как кластеры размером в один пиксель.

## Литература

1. *Park I.K., Yun I.D., Lee S.U.* Color image retrieval using hybrid graph representation // Image and Vision Computing. 1999. V. 17. № 7. P. 465–474.
2. *Xu B., Bu J., Chen C., Wang C., Cai D., He X.* Emr: a scalable graph-based ranking model for content-based image retrieval // IEEE Transactions on knowledge and data engineering. 2015. V. 27. № 1. P. 102–114.
3. *Johnson J., Krishna R., Stark M., Li L.-J., Shamma D., Bernstein M., Fei-Fei L.* Image retrieval using scene graphs // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2015. P. 3668–3678.

4. *Белим С.В., Кутлуниин П.Е.* Использование алгоритма кластеризации для разбиения изображения на односвязные области // Наука и образование: электронное научно-техническое издание. 2015. № 3. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/759275.html>.
5. *Белим С.В., Кутлуниин П.Е.* Выделение контуров на изображениях с помощью алгоритма кластеризации // Компьютерная оптика. 2015. Т. 39. № 1. С. 119–124.

УДК 519.872

***Е.И. Федорова***

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

## **ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТУДЕНЧЕСКОГО СОСТАВА НА ФАКУЛЬТЕТЕ**

Студенческий состав на факультете регулярно меняется: каждый год абитуриенты поступают на бюджетные и коммерческие места, студенты берут академический отпуск, переводятся на другие специальности и факультеты и так далее. Критическое уменьшение числа студентов может привести к сокращению нагрузки преподавателей и их увольнению. Как в этом случае оценить тенденцию сокращения числа студентов и какова возможность сохранения студенческого состава (исключая, естественно, формальное завышение оценок)? В исследовании была сделана попытка построения и анализа математической модели.

Введем обозначения:

$N_i(T)$  – число студентов-бакалавров на  $i$  курсе (для бюджетного набора  $i = 1, 2, 3, 4$  и, соответственно, для коммерческого набора  $i = 6, 7, 8, 9$ ) на 1 сентября учебного года  $T$  ;

$N_0(T)$ ,  $N_5(T)$  – число зачисленных студентов на 1 курс, соответственно, бюджетного и коммерческого наборов на 1 сентября учебного года  $T$  ;

$N_{ji}(T)$  – число студентов переведенных из  $j$ -группы в  $i$ -группу в течение учебного года  $T$  и  $N_{ij}(T)$  – соответственно из  $i$ -группы в  $j$ -группу; где  $i = 1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9$ ,  $j = 10$  – группа студентов в академическом отпуске,  $j = 11$  – группа студентов других факультетов,  $j = 12$  – группа студентов других вузов,  $j = 13$  – группа отчисленных по неуспеваемости студентов,  $j = 14$  – группа студентов, отчисленных в связи с окончанием обучения.

Тогда изменения в студенческом составе факультета примут вид с учетом притока и оттока студентов на факультет:

$$N_{i+1}(T+1) = N_i(T) + \sum_{j=6}^{13} N_{ji}(T) - \sum_{j=10}^{14} N_{ij}(T),$$

где  $i = 0, 1, 2, 3$ ,

$$N_{i+1}(T+1) = N_i(T) + \sum_{j=10}^{13} N_{ji}(T) - \sum_{j=10}^{14} N_{ij}(T),$$

где  $i = 5, 6, 7, 8$ .

Если ввести  $P_{ij}$  – вероятность перехода из состояния  $i$  в состояние  $j$ , основываясь на статистических данных прошлых лет, и принять  $\overline{N}_{ij}(T) = N_i(T) \cdot P_{ij}$ , где  $\overline{N}_{ij}(T)$  – математическое ожидание, то уравнения можно записать в матричном виде:

$$\overline{N}(T+1) = \overline{N}(T) \cdot A,$$

где  $\overline{N}(T)$  – математическое ожидание числа студентов на 1 сентября учебного года  $T$ , а матрица перехода  $A$  – описывает переходы студентов из одной группы в другую.

После  $T$  лет число студентов будет равно

$$\overline{N}(T) = N(0) \cdot A^T.$$

В работе проведено исследование студенческого состава на факультете. Была построена математическая модель прогнозирования студенческого состава. Исследованы свойства построенной модели, ее поведение. Сделаны прогнозы в зависимости от изменений матрицы перехода и начального студенческого состава.

## **СТРУКТУРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНТЕГРАЦИИ РЕЛЯЦИОННОЙ БАЗЫ ДАННЫХ В МНОГОМЕРНУЮ**

Большинство информационных систем работают уже на протяжении многих лет. Исторически сложилась ситуация, когда крупные организации пользуются собственными базами данных. В подавляющем большинстве случаев эти базы данных являются реляционными. Повышающиеся требования к качеству, объему и актуальности информации требуют интегрирование на логическом уровне разрозненных баз данных крупных организаций.

Реляционные системы управления базами данных предназначены для хранения и обработки больших объемов информации. Многомерные системы, в отличие от реляционной, предназначены в основном для аналитической обработки информации, путем агрегирования данных, например по времени или дате. Очевидно, что интеграция БД возможна, если соответствующие предметные области имеют общие понятия [1].

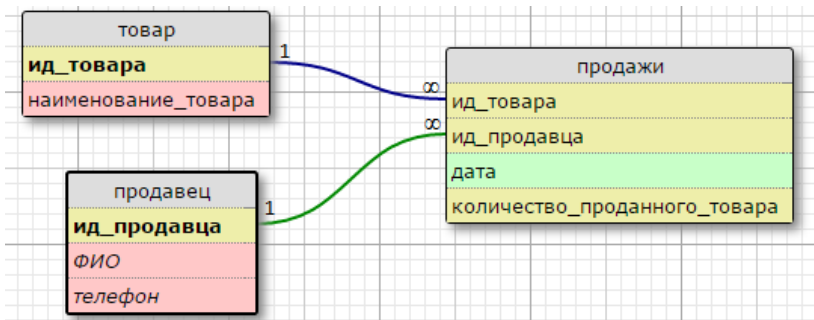
Структура хранимой информации в реляционной базе данных существенно отличается от структуры базы данных в многомерной, что и вызывает проблемы при интеграции баз данных. Рассмотрим проблему интеграции и ее решение на примере условной базы данных, состоящей из трех таблиц, в которых отражается информация о продажах.

На основе данных реляционной базы данных (рис.), спроектируем многомерную базу данных.

Введем некоторые понятия многомерных баз данных:

– Измерения – содержат набор уникальных значений, которые определяют и классифицируют данные. Они образуют края куба, и, таким образом, состоят из уровней в кубе.

– Иерархии – способ организации данных на различных уровнях агрегирования.



Реляционная база данных

– Показатель – это поле, значение которого однозначно определяются фиксированным набором измерений [2].

Многомерная система будет состоять из следующих измерений: ПРОДАВЕЦ, ТОВАР, ДАТА. В связи с тем, что многомерная база данных используется для аналитической обработки данных, то измерение ДАТА преобразуется скорее всего в любой или каждый из уровней: ДЕНЬ, МЕСЯЦ, КВАРТАЛ или ГОД (табл.).

### Многомерная модель

Измерения	Продавец	Товар	Время продажи
Уровни	ФИО	Наименование товара	День
	Телефон	ИД_Товара	Месяц
	ИД_Продавца		Квартал
			Год

Таким образом значение поля КОЛИЧЕСТВО\_ПРОДАННОГО\_ТОВАРА должно быть преобразовано и представлено в многомерной структуре в виде показателя. Для решения проблемы преобразования, в нашем случае, показатель может быть сформирован программно, как переменная, значение которой получается путем агрегирования поля КОЛИЧЕСТВО\_ПРОДАННОГО\_ТОВАРА в реляционной базе данных, используя группировку по одному из измерений ДЕНЬ, МЕСЯЦ, КВАРТАЛ или ГОД. Затем показатель в явном виде хранятся в многомерной базе данных.

Также показатель может храниться не в виде значения, а в виде формулы, по которой эти значения могут быть вычислены,

что является более актуальным для баз данных с большим числом транзакций.

## **Литература**

1. *Неизвестный А.С.* Формирование общих объектов при интеграции реляционных баз данных на уровне объектных представлений // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Вып. № 3 (33). Т. 3. 2008. С. 4–6.
2. *Опарина Т.М.* Использование механизма безопасности DATA SECURITY POLICIES в многомерной системе данных ANALYTIC WORKSPACE MANAGER 11G для организации многоуровневого доступа // Математическое и компьютерное моделирование [Электронный ресурс]: материалы III Международной научной конференции (Омск, 12 ноября 2015 г.) / [отв. за вып. И. П. Бесценный]. Электрон. текст. дан. Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2015. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.

УДК 004.7

***Е.А. Костюшина***

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

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ОмГУ им. Ф.М. ДОСТОЕВСКОГО**

В соответствии с требованиями федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования в части общесистемных требований к реализации программ бакалавриата/специалитета и магистратуры [1] каждому обучающемуся в течение всего периода обучения и преподавателю вуз обязан предоставить индивидуальный неограниченный доступ к электронным библиотечным системам (ЭБС) и к электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС).

ЭИСО ОмГУ представлена как совокупности электронных информационных ресурсов и электронных образовательных ресурсов, реализованных на различных платформах и объединенных единой точкой входа [2]. Входящие в ЭИОС электронные информационные и электронные образовательные ресурсы, получают данные из базы данных ИИАС «Учебный процесс» [3]. Часть информационных ресурсов находятся в открытом доступе и не требуют авторизации.

ЭИСО ОмГУ обеспечивает:

доступ к учебным планам и аннотациям образовательных программ – <http://omsu.ru> (не требуется авторизации);

доступ к изданиям электронных библиотечных систем и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах дисциплин и практик – <http://eos.omsu.ru>, <http://eo.omsu.ru> (авторизованный доступ);

фиксацию хода образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации и результатов освоения программы – <https://eservice.omsu.ru> (авторизованный доступ);

проведение всех видов занятий, процедур оценки результатов обучения, реализация которых предусмотрена с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий – <http://eo.omsu.ru> (авторизованный доступ);

формирование электронного портфолио обучающегося – <https://eservice.omsu.ru> (авторизованный доступ), в том числе сохранение работ обучающегося, рецензий и оценок на эти работы со стороны любых участников образовательного процесса – <http://eos.omsu.ru> (авторизованный доступ);

взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействия посредством сети Интернет – <http://eo.omsu.ru> (авторизованный доступ).

Дополнительно к указанным в образовательных стандартах требованиям сайт <https://eservice.omsu.ru> предоставляет обучающимся и преподавателям авторизованный доступ к другим сервисам, в том числе:

- авторизованный сервис «Личные данные» предоставляет возможность ознакомиться с приказами по студенческому



составу, перечнем личных документов, результатами промежуточной аттестации;

- авторизованный сервис «Индивидуальная нагрузка преподавателя» формирует отчет об индивидуальной нагрузке преподавателя на учебный год в формате pdf;

- сервис «Проверка диплома» (неавторизованный сервис) предоставляет возможность работодателю проверить, выдавался ли предъявляемый документ об образовании выпускнику ФГБОУ ВО «ОмГУ».

Технологии, использованные для разработок, обеспечивают доступ к ЭБС и ЭИОС с любых стационарных или мобильных устройств из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети Интернет как на территории ОмГУ, так и вне ее. ЭИОС охватывает основные группы пользователей, которые обычно выделяют в вузе (обучающийся, преподаватель, работодатель).

## **Литература**

1. Федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (ФГОС ВО; ФГОС 3+).
2. Положение об электронной информационно-образовательной среде ОмГУ.
3. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2011612300 Интегрированная информационно-аналитическая система «Учебный процесс» (ИИАС «Учебный процесс») / Епанчинцева О.Л., Костюшина Е.А., Ворошилов В.В., Погромская Т.А., – Заяв. № 2010617657 от 06.12.2010, зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 18.03.2011.

***Т.В. Вахний***

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

## **НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ КВАНТОВЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ**

В настоящее время учеными ведутся исследования и активные работы по физической реализации квантового компьютера, превосходящего по производительности любой классический компьютер. В ведущих странах мира созданы различные экспериментальные образцы, реализующие отдельные подходы к его созданию. Свои лаборатории по разработке квантового компьютера имеют такие известные частные компании, как Google, IBM и Microsoft. Однако самыми успешными на сегодняшний день оказались устройства канадской компании D-Wave Systems, которые относятся к адиабатическому сверхпроводящему типу квантовых компьютеров. Пока они могут решать только один тип математических заданий – выполнять дискретную оптимизацию. Из-за их узкой специализации, скудности описания принципов работы, малого числа независимых испытаний и научных публикаций квантовая природа этих компьютеров долгое время вызывает некоторые сомнения.

Тем не менее D-Wave Systems является единственной компанией, которая продает свои квантовые компьютеры. Данные устройства купили компании Google, Lockheed Martin, NASA и Лос-Аламосская национальная лаборатория Министерства энергетики США. Первый компьютер, считающийся квантовым, был введен в действие D-Wave Systems в 2011 году. Сейчас в активе D-Wave есть 512-кубитная система D-Wave Two, 1024-кубитная система D-Wave 2X, а в сентябре 2016 г. на конференции в Сан-Франциско была представлена еще новая 2000-кубитная. Проводимые исследования показывают, что все они гораздо быстрее

решают задачи оптимизации по сравнению с классическими компьютерами.

Компания IBM надеется ускорить процесс разработки и создания своего квантового компьютера. Поэтому в мае 2016 г. она запустила облачный сервис IBM Quantum Experience [1], позволяющий бесплатно получить доступ довольно широкому кругу лиц к размещенному в исследовательской лаборатории IBM в штате Нью-Йорк 5-кубитному квантовому компьютеру. Для удобства использования компьютера разработчики создали специальный пользовательский интерфейс. На данном этапе доступ к компьютеру и его функциональность сильно ограничены, тесты на нём выполняются последовательно, после окончания эксперимента каждая группа исследователей обязана отправлять отчёт о проделанной работе по электронной почте.

К настоящему дню разработано более 50 алгоритмов для квантовых компьютеров, созданы языки квантового программирования, например, QCL, LanQ, Qgol, Pure, GCL, QPL, QFC, QML, Quipper, а также готовые библиотеки для квантовых компьютеров. Удобнее всего для реализации квантовых алгоритмов использовать высокоуровневый язык квантового программирования Quipper. Он подходит для квантовых компьютеров нескольких архитектур (реализация кубитов в фотонах, электронах и др.), но не подходит для программирования действующего квантового компьютера D-Wave.

В целях изучения и развития квантовых технологий параллельно развивается направление так называемых квантовых симуляторов. Компания Google запустила симуляцию квантового компьютера, которая работает в браузере Chrome или Firefox. Симуляция Quantum Computing Playground [2] использует возможности WebGL и аппаратного ускорения GPU, чтобы эмулировать до 22 кубитов на классическом компьютере. В браузере запускаются несколько известных алгоритмов для квантовых компьютеров и выдаются результаты выполнения программы.

В России разработка квантовых вычислительных систем ведется широким фронтом, целым консорциумом российских ученых – это МФТИ, НИТУ «МИСиС», Институт физики твердого тела РАН, Нижегородский государственный технический

университет, Институт спектроскопии РАН, Институт лазерной физики СО РАН, Институт прикладной физики РАН и целый ряд других научно-исследовательских центров. Росатом, ФПИ и Минобрнауки в апреле 2016 г. подписали соглашение о создании и поддержке совместных лабораторий, где будут разрабатывать технологии, необходимые для создания квантового компьютера. Проект рассчитан на 3,5 года с суммарным объемом финансирования 750 миллионов рублей. Предполагается, что создание квантового компьютера радикально поднимет уровень вычислений и позволит обеспечить революционные достижения во многих областях науки и техники.

### **Литература**

1. IBM Quantum Experience. URL: <http://www.research.ibm.com/quantum/> (дата обращения: 10.10.2016).
2. Quantum Computing Playground. URL: <https://www.chromeexperiments.com/experiment/quantum-computing-playground> (дата обращения: 10.10.2016).

УДК 004.38:004.94

***А.К. Гуц, Т.В. Вахний***

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

## **ОТРАЖЕНИЕ DDoS-АТАКИ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ ИГРЫ**

Распределенная атака типа отказ в обслуживании является одной из самых распространенных и опасных сетевых атак. В случае совершенной DDoS-атаки может быть полностью нарушена работа любого ресурса – от небольшого информационного сайта до крупного интернет-магазина или почтового сервера. Существует множество видов DDoS-атак, большинство из них используют уязвимости в основном протоколе Internet (TCP/IP), а именно, способ обработки системами запроса SYN. При коллек-

тивной отправке с компьютеров злоумышленника бессмысленных вредоносных запросов атакуемый сервер не успевает их обрабатывать. В результате легитимные пользователи не могут получить доступ к предоставляемым системой ресурсам (серверам), либо такой доступ затруднён. Целью такой атаки является доведение компьютерной системы до отказа в обслуживании. Бороться с таким видом атак достаточно сложно ввиду того, что запросы поступают с различных сторон. Однако, несмотря на это, на настоящий момент существует масса как аппаратно-программных средств защиты, так и организационных методов противостояния [1].

В данной работе DDoS-атаки рассматриваются как дифференциальная игра двух игроков – хакера и администратора, первый из которых управляет трафиком  $\tau$ , а второй производительностью  $p$  компьютерной системы. Устанавливается наличие особого типа оптимального управления  $(\tau^*, p^*)$ , известного в теории игр под названием равновесие Нэша.

DDoS-атаку можно описать дифференциальным уравнением [2], в котором отражено требование, что больший трафик требует нарастания числа откликов на запросы:

$$\frac{dx}{dt} = [(p - p_0) - x^2]x + (\tau - \tau_0),$$

где  $x(t)$  – число откликов в момент времени  $t$  компьютерной системы на внешние запросы, востребованные при обработке получаемых системой пакетов,  $p_0$  – «типичная» характерная для данной системы величина производительности,  $\tau_0$  – «типичная» характерная для системы «нормальная» величина трафика.

Функционирующая компьютерная система способна справляться с ежедневным характерным трафиком  $\tau_0$  с определённым запасом надёжности системы. При таком большом количестве пакетов, которое невозможно обработать, наблюдается резкое возрастание входящего трафика. Увеличение трафика, в свою очередь, требует для его обработки увеличения свободных ресурсов системы. Существует равновесие  $(\tau^*, p^*)$ , которое мо-

жет установиться при DDoS-атаках, если ресурсы хакера наращивать трафик не беспредельны, а компьютерная система имеет достаточно высокий уровень производительности.

Для отыскания условий этого равновесия ( $\tau^*$ ,  $p^*$ ) авторы в данной работе воспользовались теорией дифференциальных игр, изложенной в [3].

В результате проведенных вычислений найдено позиционное равновесие Нэша

$$p^* = p_0 - \frac{1}{2}x^2, \quad \tau^* = \tau_0 - \frac{1}{2}x,$$

и выигрышные/проигрышные функции

$$J_1 = \int_0^{+\infty} \left[ \frac{5}{4}x^4 + \frac{1}{2}x^2 + (p - p_0)^2 \right] dt,$$

$$J_2 = \int_0^{+\infty} \left[ \frac{3}{2}x^4 + \frac{1}{4}x^2 + (\tau - \tau_0)^2 \right] dt,$$

администратора и хакера соответственно.

Оптимальное число откликов в момент времени  $t$  компьютерной системы на внешние запросы, востребованные при обработке получаемых системой пакетов, задается формулой

$$x^2 = 1 / (Ce^t - 3),$$

где  $C$  – константа интегрирования.

## Литература

1. *Гуц А.К., Вахний Т.В.* Теория игр и защита компьютерных систем: учебное пособие. Омск: Изд-во ОмГУ, 2013. 160 с.
2. *Гуц А.К., Лавров Д.Н.* Описание DDoS-атаки с помощью катастрофы «сборка» // Математические структуры и моделирование. 2013. № 1(27). С. 42–45.
4. *Lewis F.L., Vrabie D.L., Syrmos V.L.* Optimal Control. John Wiley & Sons, Inc., 2012.

## **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РАЗБОРЧИВОСТИ СИГНАЛА ПЭМИН**

Для оценки защищённости объектов информатизации от утечки информации по каналу ПЭМИН используются специальные методики. На этом этапе возникает проблема: все наиболее известные методики являются информацией ограниченного доступа. По этой причине усилия в этой работе было решено направить на разработку и программную реализацию открытой методики оценки защищённости информации от утечки по каналу ПЭМИН. Вопрос является довольно объёмным, поэтому исследование будет ограничено излучениями монитора, использующего аналоговое подключение к компьютеру.

Тестовый сигнал, должен моделировать ситуацию, в которой оказывается злоумышленник при перехвате информации по ПЭМИН. Рассмотрим некоторые особенности, возникающие при таком перехвате.

Чтобы кабель излучал, в нём должен протекать переменный ток. Это значит, что злоумышленник будет наблюдать сигнал в эфире, только когда в кабеле меняется уровень напряжения, т. е. когда в изображении возникает цветовой переход. В связи с этим, а также с тем, что через ПЭМИН неразличимы цветовые компоненты, перехват, в первую очередь, рассчитан на двухцветные изображения (чёрный текст на белом фоне – наиболее распространённый вид такого изображения) [1]. Перехваченное изображение, в этом случае, содержит контуры исходного.

Тогда качество распознавания изображения можно определять по точности определения границ цветковых переходов на изображении. Очевидно, что, благодаря построчной развёртке, имеют значение только горизонтальные переходы, поэтому, тес-

товый сигнал может представлять собой чередование вертикальных полос двух цветов. Для такого сигнала можно определить несколько параметров:

- Ширина полосы в пикселях – фактически определяет расстояние между двумя соседними цветовыми переходами. Регулируя этот параметр, можно оценивать, насколько близкие контуры сможет различать потенциальный злоумышленник.

- Разность яркости соседних полос – можно задавать в виде двух значений яркости: для нечётных и чётных полос (назовём их нечётной и чётной яркостью). Регулируя этот параметр, можно оценивать, насколько сильные переходы сможет различать злоумышленник.

- Сглаженность перехода в пикселях – определяет ширину области, в которой выполняется плавное изменение яркости от нечётной полосы к чётной и обратно. Регулируя этот параметр, можно оценивать влияние размытия на различимость перехода (например, влияние технологии anti-aliasing).

Качество распознавания изображения можно определять по точности определения границ цветовых переходов на изображении. Можно выделить два вида ошибок: потеря цветового перехода и обнаружение ложного цветового перехода. Соответственно, можно определить две метрики информативности ПЭМИН: процент потерянных цветовых переходов и процент ложных цветовых переходов (относительно ожидаемого числа цветовых переходов).

В ходе выполнения работы разработаны метрики информативности ПЭМИН аналогового видеосигнала и составлена методика оценки защищённости монитора от утечки информации по каналу ПЭМИН и выполнена программная реализация полученной методики оценки защищённости.

К сожалению, в данной работе не удалось провести полноценного тестирования разработанной методики и её программной реализации, поскольку использовался спектроанализатор R&S FS-300, характеристики которого не позволяют провести полноценного тестирования [2]. Пока не определены точные зависимости между реальным уровнем риска утечки информации



по каналу ПЭМИН и коэффициентами потерь и ложных импульсов. По этой причине пока невозможно предоставить рекомендации по выбору пороговых значений этих коэффициентов.

Однако программные инструменты, реализующие необходимые расчёты были получены, поэтому мы надеемся, что исследования, направленные на решение этих проблем, будут проведены в будущем.

В целом, открытая методика оценки защищённости информации от утечки информации по каналу ПЭМИН для аналоговых подключений мониторов была разработана. Её программная реализация получена.

### **Литература**

1. *Kuhn M.G., Anderson R.J.* Soft Tempest: Hidden data transmission using electromagnetic emanations. United Kingdom: University of Cambridge, 1998. 19 p.
2. Remote Control Manual Series300 Spectrum Analyzer. VXI Plug & Play Style Instrument Driver. Germany.: ROHDE & SCHWARZ GmbH & Co. KG, 2006. 185 p.

УДК 316

**О.С. Нагорный, А.Т. Мухетдинова**  
*Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики», г. Санкт-Петербург, Россия*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ДИСКУРСА О БИОПЕДАГОГИКЕ  
ПРИ ПОМОЩИ ТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
И СИНТАКСИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ТЕКСТОВ**

В данной работе мы хотели изучить, как дискурс о биопедагогике проявляет себя в Интернете, какие лингвистические средства для этого используются и какие темы затрагиваются.

Биопедагогика – термин тесно связанный с понятием био-власти, введённым в употребление Мишелем Фуко [1]. Фуко считал, что в современном обществе широко распространены практики контроля над телом отдельного человека и популяцией в целом, а человеческое тело является, таким образом, объектом различных манипуляций. Этот контроль проявляется, прежде всего, в дискурсе о теле и здоровье, который задаётся государством и другими институтами, прививающими людям определённые привычки и образ мыслей. В последние годы одним из основных каналов трансляции этого дискурса стали специализированные сайты в сети Интернет [2].

Эмпирической основой данного исследования послужили 1714 статей с сайта Лайфхакер (<https://lifehacker.ru/topics/health/>), посвящённые тематике здорового образа жизни. Этот сайт был выбран по причине того, что он является одним из самых популярных коллективных блогов с шестимиллионной аудиторией [3] и имеет раздел с чётко выраженной тематикой – советами о том,

как вести здоровый образ жизни, и, следовательно, является местом бытования этого дискурса.

Для определения того, на какие темы распадается дискурс о здоровом образе жизни, был использован метод вероятностного тематического моделирования. Мы использовали алгоритм LDA, конечным продуктом которого являются матрица вероятностей принадлежности слов к темам и матрица вероятностей принадлежности текстов к темам.

Результаты ручного кодирования тремя кодировщиками тематического решения на 15 тем показали, что тематика здорового образа жизни распадается на следующие направления: 1) уверенность в себе и своих силах, мотивация окружающих; 2) гигиена и защита организма; 3) эффективные упражнения, советы для новичков и профессионалов; 4) спортивные тренировки (плавание, бег, разогрев мышц); 5) кулинарные рецепты, правильное питание; 6) правильное питание, диета, вредная пища, вредные привычки; 7) здоровье, забота о себе; 8) здоровье глаз дома и в офисе, сидячий образ жизни; 9) исследования о пользе спортивного образа жизни; 10) сон и пробуждение, привычки, техники сна; 11) активный образ жизни, путешествия, спорт, полезные советы; 12) упражнения на все случаи жизни; 13) спортивное питание – набор массы и диеты; 14) спортивное приложения и фитнес-гаджеты; 15) курсы, обучающие здоровому образу жизни.

Более глубокое исследование дискурса о здоровом образе жизни включало изучение того, какие именно слова использовались при описании человека, тела и здоровья. Для этого все тексты были сегментированы на отдельные предложения, а затем, при помощи нейронной сети Syntaxnet [5], созданной исследователями из компании Google и обученной на размеченном Национальном корпусе русского языка SynTagRus из коллекции Universal Dependencies ([http://universaldependencies.org/#ru\\_syntagrus](http://universaldependencies.org/#ru_syntagrus)), был произведён синтаксический разбор каждого из 70149 получившихся предложений. Таким образом, мы установили синтаксические связи между словами внутри предложений.

Анализ получившихся структур показал, что существительное «тело» чаще всего описывается прилагательными «человеческий», «красивый», «здоровый» и «стройный». При этом над

ним предлагается совершать следующие действия: «расслабиться», «сохранять», «вернуть». Анализируя определения, описывающие понятие «человек», мы заметили, что среди них часто фигурируют слова «многие», «другие», «любой», что может свидетельствовать о применении такого риторического приёма как отсылка к большинству. Анализ списка существительных, которые описывались прилагательным «здоровый» («питание», «пища», «тело», «сон», «спортсмен»), позволяет сделать вывод, что выделенные с помощью тематического моделирования темы действительно присутствуют в тексте.

Такой подход – тематическое моделирование на первом, разведывательном этапе, и синтаксический анализ для более глубокого проникновения в суть явления – может быть использован для анализа различных типов дискурса.

## **Литература**

1. Фуко М. Рождение биополитики. Курс лекций, прочитанных в Коллеж де Франс в 1978–1979 учебном году / пер. с фр. А.В. Дьяков. СПб.: Наука, 2010.
2. Wright J. Biopower, Biopedagogies and the obesity epidemic // Faculty of Education – Papers (Archive). 2009. P. 1–14.
3. Как блог Лайфхакер удерживает 6-миллионную аудиторию с помощью советов. URL: <https://habrahabr.ru/company/surfingbird/blog/298242/>
4. Blei David M., Ng Andrew Y., Jordan Michael I. Latent Dirichlet Allocation // J. Mach. Learn. Res. 2003. March. Vol. 3. P. 993–1022.
5. Andor D. et al. Globally Normalized Transition-Based Neural Networks // arXiv:1603.06042 [cs]. 2016.

**К.В. Павленко**

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

## **МОДЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗОВАНИЯ В ВУЗЕ**

Актуальность проблемы оценки качества высшего образования связана с тем, что институт образования является основополагающим в развитии современного общества. Он оказывает влияние на социальную структуру общества, инновационные процессы, на развитие науки и экономики в целом.

В современной ситуации интерес к оценке качества образования актуализируется в связи с процессами интернационализации и глобализации, которые требуют сопоставимости национальных образовательных систем, в том числе и критериев качества.

В России проблема оценки качества образования стоит особенно остро еще и потому, что интенсивное развитие рынка образовательных услуг ведет к обострению конкуренции между вузами, и это не может не волновать общественность. Проблема качества образования, особенно его оценки, привлекает внимание всех субъектов образовательного процесса.

Вуз является специфическим видом организации, он производит блага, которые, во-первых, имеют нематериальный характер, а, во-вторых, обладают большой социальной значимостью. Данные обстоятельства помещают оценку качества образования в проблемное поле социологии, то есть, заставляют анализировать взаимодействие субъектов образовательного процесса, предъявляющих различные требования к деятельности образовательных учреждений.

Оценка качества образования является, с одной стороны, элементом управления, обеспечивающим обратную связь в системе, с другой стороны, именно в процессе оценки проявляются различные критерии, предъявляемые к образованию заинтересо-

ванными сторонами. Во внутривузовской системе управления качеством образования одновременно существуют четыре модели его оценки, различающиеся по критериям, целям, процедурам и результатам оценивания: профессиональная – осуществляется экспертом по критериям профессионального сообщества, индустриальная – оценка на основе стандартизованных критериев, рыночная – оценка качества по критериям удовлетворенности потребителя, гражданская – оценка качества по критериям социализации и личностного развития. Подробные характеристики моделей представлены в таблице.

### Модели оценивания качества образования

<i>Модель</i> <i>Параметры</i>	<i>Индустриальная</i>	<i>Рыночная</i>	<i>Гражданская</i>	<i>Профессиональная</i>
<b>Модель образования</b>	Формирование стандартного набора знаний и умений	Предоставление услуги	Социализация индивида	Формирование профессиональных компетенций
<b>Субъекты оценки</b>	Административный персонал	Потребители (обучающиеся)	Представители гражданского общества и работодатели	Представители профессионального сообщества эксперты
<b>Цели оценки</b>	Обеспечение соответствия деятельности вуза установленным стандартам	Достижение экономической эффективности вуза/ подразделения	Выполнение социального заказа	Повышение профессиональной компетентности представителей сообщества
<b>Критерии оценки</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Лицензионные и аккредитационные показатели.</li> <li>• Собственные стандарты вуза, исходя из целей учебного заведения/ подразделения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Доходы, прибыль, внебюджетные средства вуза/ подразделения</li> <li>• Удовлетворенность обучающихся качеством образования</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Соответствие задачам воспитания и потребностям местного общества.</li> <li>• Личностное развитие обучающегося</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Соответствие предоставляемого образования профессиональным и дисциплинарным нормам</li> </ul>

<i>Модель</i>  <i>Параметры</i>	<i>Индустриальная</i>	<i>Рыночная</i>	<i>Гражданская</i>	<i>Профессиональная</i>
<b>Процедуры оценки</b>	Документированные процедуры, мониторинги, статистические методы анализа, тестовые процедуры оценки знаний студентов, построение рейтингов в оценке студентов/ преподавателей/ подразделений	Опросы удовлетворенности обучающихся (формализованные и неформализованные). Финансовые методы анализа эффективности деятельности вуза/ подразделения.	Мониторинг общественного мнения, рейтинги независимых СМИ и рейтинговых агентств, опросы выпускником и работодателей.	Экспертная оценка качества учебных программ, экспертная оценка квалификации преподавателя, экспертная оценка уровня освоения дисциплины студентом

Основанием для выделения данных моделей являются порядки значимого, которые представляют собой некоторые общие ориентиры, связанные с имеющимися у людей представлениями о справедливости и моральных нормах [1, с. 25]. К данным порядкам значимого люди прибегают в случае, когда речь идет о некотором общем благе. В случае с образованием порядки значимого соотносятся с легитимными моделями образования.

Исследование того, как функционируют и взаимодействуют данные модели на практике, выявление факторов, влияющих на доминирование тех или иных моделей, а также изучение социальных группы в вузе, заинтересованные в их воспроизводстве, позволит выявить условия, при которых оценка будет эффективным механизмом управления и повышения качества образования.

## Литература

1. *Тевено Л.* Организованная комплексность: конвергенции координации и композиция экономических образований // Экономическая социология: новые подходы к институциональному и сетевому анализу / сост. и науч. ред. В.В. Радаев. М., 2002.

**О.В. Волченко, В.И. Корсунова**

*Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики», г. Санкт-Петербург, Россия*

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗИ ЦЕННОСТЕЙ И КИНОИНДУСТРИИ: МЕЖСТРАНОВОЙ АНАЛИЗ**

Данная работа посвящена анализу киноиндустрии как одного из социальных феноменов. Большая часть подобных работ рассматривает символическую и смысловую структуру фильмов и использует качественную методологию [2; 5; 10]. Исследования такого рода рассматривают отражение сложившихся социальных условий в культурной сфере. Помимо этого существует ряд исследований, ориентированных на выявление факторов успешности тех или иных кинофильмов [3; 7]. Некоторые исследования киноиндустрии посвящены анализу репрезентации в фильмах рискованных практик, таких как курение [9], употребление алкоголя [8] и наркотических средств [6]. В подобных исследованиях предполагается, что кино способствует формированию определенных установок населения. Тем не менее, несмотря на общее признание киноиндустрии в качестве социального феномена, связь между ценностными установками и содержанием кинофильмов продолжает быть неисследованной.

В данной работе рассматривается связь между ценностями и киноиндустрией на примере индекса эмансипативных ценностей (ЭЦ) [1], рассчитанного на основании данных Всемирного исследования ценностей (World Values Survey, WVS) и европейских кинофильмов, содержащих сцены обнажения. Эмпирической базой исследования выступает Интернет-база кинофильмов (IMDb), которая содержит информацию о кинофильмах, в том числе и список ключевых слов, представляющих собой темы, отраженные в том или ином фильме [4]. В данном случае, для каждой европейской страны в период с 1980–2010 года была расчи-



тана доля фильмов, содержащих ключевые слова, связанные с темой обнажения «nudity», «female-nudity», «male-nudity», «front-nudity», «bare-breasts» и т.д., при этом слова были разделены на три категории: «обнажение», «женское обнажение» и «мужское обнажение». Связь между уровнем эмансипативных ценностей и числом выпущенных фильмов, а также долей фильмов, содержащих обнажение, устанавливалась с помощью пуассоновского и логистического регрессионного анализа. В качестве контрольных переменных выступали ВВП на душу населения, доля населения с высшим образованием, доля населения со средним образованием, а также медианный возраст населения. Данные о ВВП и медианном возрасте были интерполированы, а недостающие значения уровня эмансипативных ценностей были восстановлены данными предыдущих волн WVS.

На основании теоретических посылок можно выдвинуть несколько гипотез. (1) В странах с высоким уровнем ЭЦ будет выпускать больше фильмов, кроме того, в них будет наблюдаться большее число фильмов с (2) обнажением, (3) женским обнажением и (4) мужским обнажением.

Результаты исследования говорят о том, что уровень ЭЦ положительно связан количеством выпущенных фильмов, при этом данный эффект остается значимым при включении контрольных переменных, рассматривающих экономическое (ВВП) и культурное (образование) развитие страны. Что касается связи между ЭЦ и обнажением в кинофильмах, то здесь можно наблюдать несколько иные результаты. Как и предполагалось, ЭЦ положительно связаны с вероятностью появления всех видов обнажения в фильмах, однако данный эффект перестает быть значимым при контроле по медианному возрасту населения. Кроме того, влияние ЭЦ на долю фильмов с женским и мужским обнажением перестает быть значимым при контроле по экономическому и культурному развитию страны. Стоит также отметить, что экономическое развитие страны повышает вероятность появления в фильмах всех видов обнажения, в то время как повышение уровня культурного развития страны понижает вероятность появления женского обнажения и обнажения в целом, однако повышает вероятность появления мужского обнажения.

## Литература

1. *Alexander A.C., Welzel C.* Measuring effective democracy: The human empowerment approach // *Comparative Politics*. 2011. V. 43. № 3. P. 271–289.
2. *Chalmers F.G.* Teaching and studying art history: Some anthropological and sociological considerations // *Studies in Art Education*. 1978. V. 20. № 1. P. 18–25.
3. *De Vany A., Walls W.D.* Does Hollywood Make Too Many R-Rated Movies? Risk, Stochastic Dominance, and the Illusion of Expectation // *The Journal of Business*. 2002. V. 75. № 3. P. 425–451.
4. *Gallos L. K. et al.* Imdb network revisited: unveiling fractal and modular properties from a typical small-world network // *PloS one*. 2013. V. 8. № 6. P. 1–8.
5. *Hauser A.* The sociology of art. Routledge, 2011.
6. *Iannicelli P.* Drugs in Cinema: Separating the Myths from Reality // *UCLA Ent. L. Rev.* 2001. V. 9. P. 139.
7. *Ravid S.A.* Information, blockbusters, and stars: A study of the film industry // *The Journal of Business*. 1999. V. 72. № 4. P. 463–492.
8. *Stuedler F.* Representations of drinking and alcoholism in French cinema // *International Sociology*. 1987. V. 2. № 1. P. 45–59.
9. *Thrasher J. F. et al.* Exposure to smoking imagery in popular films and adolescent smoking in Mexico // *American journal of preventive medicine*. 2008. V. 35. № 2. P. 95–102.
10. *Zolberg V. L.* *Constructing a Sociology of the Arts*. Cambridge University Press, 1990.

УДК 316.7

**В.И. Корсунова**

*Национальный исследовательский университет  
«Высшая школа экономики», г. Санкт-Петербург, Россия*

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ДОСУГОВЫХ ПРАКТИК В РОССИИ

Досуг является одной из популярных тем в социологических исследованиях, рассматривающих социальную структуру.

Основная идея данных исследований связана с теоретическими и эмпирическими наблюдениями, показывающими, что социальная иерархия общества отражается в стиле жизни, и в том числе, в досуговых практиках индивида. Объяснение наличию подобной связи основывается на концепции символического неравенства: демонстрация стиля жизни, заключающегося в определенных предпочтениях, становится средством для выражения собственной социальной позиции [3; 4].

Учитывая важность определения форм социального неравенства, отношения между социальным устройством и стилем жизни не раз становились фокусом социологических исследований. Данная взаимосвязь была рассмотрена на примере культурной активности [4], культурных предпочтений [7], досуговых практик [1; 2], а также гастрономических предпочтений [6].

Несмотря на важность данной темы, существует немного работ, посвященных изучению досуговых практик в России. В данной работе рассматриваются особенности структуры публичных досуговых практик, а также проводится сравнение распространенности различных досуговых репертуаров в регионах России. Исследование основано на данных опроса ФОМ «Пента 50/20», проведенного в декабре 2012 года (число опрошенных – 1500) и содержащего информацию о включенности населения в те или иные публичные практики досуга. Паттерны практик выявлялись с помощью анализа латентных классов [5], а выявление региональных различий в распространенности паттернов осуществлялось с помощью мультиномиального регрессионного анализа.

В результате было выделено пять репертуаров досуговых практик в России. Паттерн «активности» характеризуется высокой вероятностью быть включенным в большинство досуговых практик и является наименее распространенным: он включает только 5 % населения. Также мало распространен (9 %) паттерн «культурных практик»: посещение театров, кино, концертов и музеев. Также выделен паттерн «развлекательных» практик: посещение кино, кафе и торговых центров (12 %). Наиболее распространенными паттернами являются паттерны «обывательских практик»: выезды на природу и посещение торговых центров

(35%), а также паттерн «пассивности», при котором низка вероятность быть включенным в любую практику (40 %).

Распространенность выделенных паттернов также различается по регионам. Так, обладателей паттерна «культурных практик» значимо больше в Центральном федеральном округе и значимо меньше в Северо-Кавказском и Уральском. Также в СКФО и УФО значительно больше распространен паттерн пассивности, в то время как в Северо-Западном федеральном округе и Сибирском федеральном округе вероятность быть «пассивным» значительно ниже. Вместе с тем, в СФО наблюдается большая распространенность «обывательского» репертуара практик, а в СЗФО – «развлекательного». Также интересно отметить, что «развлекательный» паттерн имеет большую распространенность в Дальневосточном федеральном округе.

### **Литература**

1. *Рощина Я.М.* Дифференциация стилей жизни россиян в поле досуга // Экономическая социология. 2007. Т. 8. №. 4.
2. *Рощина Я.М.* Стиль жизни в отношении здоровья: имеет ли значение социальное неравенство? // Экономическая социология. 2016. Т. 17. №. 3. С. 13–36.
3. *Bourdieu P.* Distinction: A social critique of the judgement of taste. Harvard University Press, 1984.
4. *Lamont M., Molnár V.* The study of boundaries in the social sciences // Annual review of sociology. 2002. P. 167–195.
5. *Peterson R.A., Kern R.M.* Changing highbrow taste: From snob to omnivore // American sociological review. 1996. V. 61. No. 5. P. 900–907.
6. *Vermunt J.K., Magidson J.* Latent class analysis // The sage encyclopedia of social sciences research methods. 2004. P. 549–553.
7. *Warde A., Martens L.* Eating out: Social differentiation, consumption and pleasure. Cambridge University Press, 2000.
8. *Warde A., Wright D., Gayo-Cal M.* The omnivorous orientation in the UK // Poetics. 2008. V. 36. No. 2. P. 148–165.

**Л.А. Паутова**

Фонд «Общественное мнение»,  
г. Москва, Россия

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

## **СТАБИЛЬНОСТЬ ОБЩЕСТВА: УЧЕТ ЗАВИСИМОСТИ ОТ КОНТЕКСТА**

Что такое «стабильность»? Это одноитожество. В таком термине, не являющимся словом русского языка, отражено высказывание респондентов: «Стабильность – это когда сегодня так же, как вчера и как будет завтра».

Если говорить о стабильности в России, то могу заметить, что с 2007 года запрос на стабильность сильно поменялся. *Стабильность – понятие относительное*, и в зависимости от контекста в ее палитре появляются новые краски. Все чаще смысловой водораздел идет вокруг концептов «стабильность-застой», «стабильность-изменения», «стабильность-стабильности по-путински», «зачем нужна такая стабильность?». Еще несколько лет назад стало понятно, что лозунг стабильности почти исчерпал свой креативный политический потенциал, что нужны новые идеи. Данные, которые собраны в ФОМе, показывают, что идеализация брежневской устойчивости еще сохраняется, но в локомотивных социальных группах зреет запрос на иные цели: на обновление, на достойную стабильность в сочетании с движением вперед и справедливостью.

Вечная история: власть цементирует себя с помощью идеи стабильности, оппозиция раздувает огонь революции, вызывая ветер перемен.

Социология часто прибегает к математике. Математики «одноитожество» представляют как неизменность изучаемых характеристик  $X$  общества во времени. В таком случае они говорят, что общество находится в равновесном состоянии, в равновесии.

Можно ли описывать стабильность, постулируя с одной стороны неизменность и допуская при этом возможность изменения?

Можно ли при этом учитывать «зависимость от контекста», и более того – заранее не оговаривать, что это может быть за контекст? Статья [1], как нам кажется, предлагает обнадеживающее направление для решения этой сложной задачи. В ней допускаются неоднозначные ответы и свобода в выборе контекста при определении, что такое стабильность.

Дело в том, что в [1] неизменность, т. е. постоянность характеристики  $X$  во времени воспринимается как относительная постоянность, и, следовательно, скорость ее изменения может рассматриваться не как нулевая, а как нечто такое, что считается нулевым. *Относительное нулевое* в зависимости от его контекста и вносит необходимые краски в палитру понятия стабильного.

Конечно, работа [1] скорее относится к математической социологии, чем к собственно привычной для многих социологов социологии, когда к вербальным формулировкам прибегают чаще, чем к математическим. Но она открывает путь к формализации относительности понятия «стабильность», а *обыденное представление о стабильности остается относительным и на новом витке развития российского общества.*

*Стабильность* становится частью картины, изображающей радостную, стремящуюся к совершенству, счастливую жизнь. Однако *стабильность* может восприниматься не только как идеал, но и как утопия, фикция, миф, либо как зло, препятствующее развитию личности и общества в целом.

## **Литература**

1. *Гуз А.К.* Динамика социальной системы и интуиционистская логика // Математические структуры и моделирование. 2016. № 2 (38). С. 72–77.

**Н.А. Букаринова**

*Омский университет дизайна и технологий,  
г. Омск, Россия*

## **ФАКТОРЫ МИГРАЦИИ МОЛОДЕЖИ (PULL/PUSH FACTORS). КЕЙС-СТАДИ ГОРОДА ПЕЧОРЫ, ПСКОВСКАЯ ОБЛАСТЬ**

*Эмпирическая часть работы основана на 13 глубинных интервью с представителями молодёжи города Печоры, Псковской области. В статье анализируются факторы, побуждающие к миграции молодых людей в возрасте от 14 до 26 лет. Также на основе полученных факторов и ориентации молодёжи на отъезд из населённого пункта, предлагаются сценарии развития города и состава населения*

Печоры – это малый город с населением в 12 308 человек и плотностью населения 598,9 чел./км<sup>2</sup>. Как и в других малых городах, здесь наблюдается отток молодежи в районный центр, в Москву и Санкт-Петербург. Это в основном обусловлено тем, что получить профессиональное образование на территории Печор невозможно, так как нет ни средне специального, ни высшего образовательных учреждений. Молодежь уезжает получать образование, но после не возвращается в город, ввиду не богатого рынка труда и не насыщенной событиями повседневной жизни. В результате, происходит стремительное старение населения, и общее угасание города. Проблема исследования – страна нуждается в существовании и поддержании жизнедеятельности освоенных территорий (частный случай – малый город), но в реальности происходит массовая миграция молодежи из глубинки (зачастую вынужденная), что приводит к угасанию и опустению малых городов.

- Объект исследования – молодежь города Печоры в возрасте 14–26 лет.

- Предмет исследования – отношение молодежи к жизни в Печорах.

- Цель исследования – оценить баланс факторов миграции молодежи в Печорах.

Методологическая база классическая модель миграции: выталкивающие факторы и притягивающие Эверета С. Ли (push/pull factors). Исследование проводилось в городе Печоры, Псковская область, с применением методов слабоструктурированное интервью и наблюдение. Поиск информантов осуществлялся через социальную сеть «ВКонтакте», а также при помощи методики снежного кома, по рекомендациям самих информантов. Интервью были взяты у школьников 9-х, 10-х и 11-х классов, а также у молодежи в возрасте 25–27 лет. Проведено семь и шесть интервью в 2013, 2012 годах, соответственно.

В результате было выяснено, что факторами удержания молодежи в Печорах выступают: 1) тесные социальные сети; 2) добрососедские отношения; 3) природный капитал; 4) хороший уровень среднего образования. Но при этом, довольно сильными являются выталкивающие факторы из города для молодежи: 1) стремление получить профессиональное и дополнительное образование; 2) необходимость профессиональной деятельности и самореализации; 3) разнообразие в досуге; 4) включение в культуру потребления.

Для понимания того, что будет происходить с городом в последующие годы, были соотнесены выше описанные факторы и предложены три сценария.

Сценарий первый – медленное угасание Печор. Монастырь отделяется от города. В Печорах остается невзыскательная молодежь и стареющее население, а также горожане, которые крепко связаны с семьей своей или родительской. Первые – деградируют и угасают, вторые – успешно устроившие свою жизнь в Печорах, готовятся либо сами мигрировать, либо ориентируют детей на переезд (будущее детей становится выталкивающим фактором).

Сценарий второй – Печоры – город при монастыре (город-монастырь). Монастырь и священнослужители становятся градообразующими элементами. Население состоит из людей старшего и пожилого возраста, которое постоянно возобновляется за счёт приезжих из других регионов (этого же возраста) – «поближе к святым местам» и вернувшихся печорян (сегодняшня



молодежь представляет для себя возможным возвращение в город после преодоления рубежа среднего возраста).

Сценарий третий – объединенное пространство Печоры – Псков – Эстония. В этом случае выталкивающие факторы начинают играть роль факторов притяжения к другим населенным пунктам, теперь они не заставляют уехать, а лишь манят к другим городам. В процессе формирования объединенного пространства Печоры – Псков – Эстония для решения потребительских, досуговых, образовательных и трудовых потребностей горожан происходит снятие напряжения повседневной жизни Печор. Это удачный способ устроить свою жизнь в соответствии со своими желаниями для молодежи из низко ресурсных групп для большого города, но высоко ресурсных для малого города. А также для молодых горожан, включенных в тесные социальные сети.

УДК 130.2

***С.Н. Оводова***

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

## **МОЛОДЕЖНЫЕ ГОРОДСКИЕ СООБЩЕСТВА г. ОМСКА**

Начиная с 2013 года в г. Омске активно начинают появляться молодежные городские сообщества. Городские сообщества города Омска пытаются работать со всеми составляющими полноценного города: создают публичные места, создают досуг, т. е. функционируют в рамках урбанистической теории В. Глазычева [1], и это неспроста, т.к. деятельность отдельных городских сообществ по урбанистике строится во взаимодействии с институтом «Стрелка» (Москва), представители которого работают в парадигме В. Глазычева.

Анализ идентификации городских сообществ позволяет выявить, что в большинстве своем представители омских молодежных городских сообществ – это креативный класс.

При работе с понятие «креативного класса» и их связанности с развитием города мы апеллируем к концепциям Р. Флорида [2], Ч. Лэндри [3]. Мы можем сказать, что в современном обществе осуществляется переход от труда к творчеству, современная экономическая ситуация характеризуется тем, что все большее количество людей занимается не трудом, а творчеством, что предполагает особый тип занятости.

В городах возникает спрос на интеллектуальный досуг. Музеи, театры, а в большей степени, кофейни, лектории представляют собой (в терминологии Р. Ольденбурга [4]) третье место (помимо первого и второго – дома и работы), где собираются люди и где выстаиваются социальные связи. Третье место создает желанный образ города, место, куда хочется прийти, где хочется отдыхать. Эта тенденция проявляется в том, что современные кофейни чаще всего, помимо чашки кофе предлагают активный досуг – изучение языков, мастер-классы по приготовлению еды, мотивационные встречи и т.п. Таким образом, горожанин, не приобретая желанной функциональной идентичности, помимо тех функциональных идентичностей, которые формируются не по его желанию, находит формы досуга, объединения, в которых у него создается функциональная идентичность. Процесс формирования идентичности городских сообществ Омска сопряжен с изменением городской среды и вовлечением горожан в активный досуг. Данный процесс происходит посредством коворкингов, в результате которых осмысливается идентичность и вырабатываются проекты по улучшению публичных пространств. Проекты развития Омска, сформированные представителями городских сообществ, подвергаются открытому обсуждению с дальнейшей совместной реализацией этих проектов, как руководителями городских сообществ, так и горожанами. Мероприятия городских сообществ Омска имеют открытый характер, каждый горожанин может не только посещать мероприятия городских сообществ, но и становится активным участником городского сообщества, влиять на преобразование публичного пространства. Городские сообщества открыты для новых участников, однако структура руководителей обычно определена, иерархична.

Одна из гипотез исследования состоит в том, что деятельность городских сообществ сопряжена с формированием гражданского общества. В ходе личных интервью и включенного наблюдения данная гипотеза была подтверждена.

Городские сообщества Омска воспитывают гражданское общество, формируют навык самоорганизации социальных групп. Своей деятельностью городские сообщества Омска пытаются компенсировать существующие пробелы в социальной и культурной политике региона. Руководители молодежных городских сообществ Омска поощряют в участниках городских сообществ инициативность, лидерство, целеустремленность, признают, что прямо либо косвенно воспитывают данные качества в людях. Акцент в деятельности городских сообществ ставится на непрерывающемся самообразовании, саморазвитии. Ценности, реализуемые городскими сообществами, схожи с ценностями креативного класса. Потенциал развития территории городские сообщества видят в своей деятельности. Представители городских сообществ делают ставку на креативную экономику, воплощение которой возможно при совместной деятельности горожан, направленности усилий на развитие человеческого капитала региона. Социокультурная практика городских сообществ по преобразованию публичных пространств города и созданию досуговых мероприятий демонстрирует создание новой модели региональной идентичности, которая формируется благодаря активной деятельности городских сообществ и в меньшей степени зависит от исторического материала.

## **Литература**

1. *Глазычев В.Л.* Среда отторжения. URL: [http://www.glazychev.ru/habitations&cities/1995-02\\_sreda\\_ottorzenia.htm](http://www.glazychev.ru/habitations&cities/1995-02_sreda_ottorzenia.htm) (дата обращения 20.03.2016).
2. *Флорида Р.* Креативный класс: люди, которые меняют будущее. М.: Издательский дом «Классика-XXI», 2007.
3. *Лэндри Ч.* Креативный город. М.: Издательский дом «Классика-XXI», 2006.
4. *Ольденбург Р.* Третье место: кафе, кофейни, книжные магазины, бары, салоны красоты и другие места «тусовок» как фундамент сообщества. М.: Новое литературное обозрение, 2014.

**АНТРОПОЛОГИЧЕСКИЙ ТРЕНД В ГУМАНИТАРИСТИКЕ:  
PRO ET CONTRA**

Называя антропологию «философией XX века», сторонники антропологического тренда в гуманитаристике не только выводят на новый виток старые споры о пользе или вреде философии для жизни. Сама постановка вопроса о необходимости новой формы для рефлексии процессов стремительно глобализирующегося мира связана как с недоверием к существующим формам, так и с поиском метатеории способной объяснить все. На статус метатеории, объясняющей мир и при этом позволяющей решать насущные социальные задачи в XX веке последовательно претендовали кибернетика и сенергетика. В XXI веке антропологию опередила конфликтология, пытающаяся интегрировать в себя знания множества наук о человеке и не только. В качестве примера, приведем схему из учебника под редакцией А.С. Кармина (рис.).



Как видим, на службу конфликтологии поставлены экономика, философия, математика, социология. Кибернетика и синергетика на каком-то этапе противопоставляя себя философии или даже объявляясь «новой философией» стали частью ее истории. Обе эти оптики продолжили философский дискурс, хрестоматийными здесь являются обращения Н. Винера к монадологии Г. Лейбница, а Г. Хакена к политической философии Д. Юма. Конфликтология присвоила себе место в философском дискурсе.

«Противоречия в природе, обществе и мышлении, столкновение противоположных желаний и мотивов в человеческой душе, борьба между людьми, общественными классами, государствами – все это было предметом размышлений философов на протяжении многих веков», – читаем в том же учебном пособии, из которого заимствовали схему [2, с. 9]. То, что конфликт и противоречие далеко не одно и то же известно не только философам. Но конфликтологи настойчиво выводят собственную традицию от мыслителей осевой эпохи. В некоторых случаях из библейского наследия. В учебнике авторского коллектива И.Е. Ворожейкин, А.Я. Кибанов, Д.К. Захаров читаем: «Впечатляет библейское сказание о раздоре между Каином и Авелем – сыновьями Адама и Евы. Конфликт между ними произошел тогда, когда братья приносили жертвы богу каждый по своим занятиям: Каин как земледелец «от плодов земли»; Авель как пастух «из первородных стада своего». Бог благосклонно отнесся к дару Авеля, а «на Каина и его дар не призрел». Это обстоятельство сильно расстроило последнего, вызвало у него ревность и зависть к брату. Произошла ссора, которая закончилась трагически – убийством Авеля» [1, с. 7]. Мы не будем подробно анализировать этот пассаж, думаем то, что Авель не конфликтовал с Каином и «раздора», «ссоры» между ними не было понятно всякому мало-мальски образованному человеку. Авель был первым, невинным «мучеником» за веру (Матф. 23,25; Евр. 11, 4).

В отличие от «захватчиков» конфликтологов, антропологи формируют для «философии XX века» собственную рамку идентичности. Д.О. Торшилов высказывает мнение, что популярность антропологии прямо связана с тем, что она ищет, а значит и находит в человеке эту его варварскую природу. Антропологические

проекты показывая конструируемость человека, деконструируют человека «цивилизованного», что особенно заметно в постколониальных штудиях, и инструментами такой деконструкции выступают жертвоприношение, инициация. Это безусловное достоинство антропологического дискурса, который, дистанцируясь от предшествующей гуманитарной традиции не искажает ее, однако видны и недостатки: объявляя войну цивилизации, новое варварство может быть корректно описано только новыми варварами.

### **Литература**

1. *Ворожейкин И.Е., Кибанов А.Я., Захаров Д.К.* Конфликтология: учебник. М.: ИНФРА-М, 2004.
2. Конфликтология / под ред. А. С. Кармина. СПб.: Лань, 1999.

*Научное издание*

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ  
МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Сборник материалов  
IV Международной научной конференции

(Омск, 11 ноября 2016 г.)

*Издается в авторской редакции в соответствии с макетом,  
предоставленным оргкомитетом.  
Макет подготовлен при участии Издательства ОмГУ*

---

Подписано в печать 03.11.2016. Формат бумаги 60x84 1/16.  
Печ. л. 11,0. Усл. печ. л. 10,23. Уч. изд. л. 10,0. Тираж 100 экз. Заказ 155.

---

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