

№ 3 (65) май-июнь 2011

Издается с 2002 года. Выходит 6 раз в год

Учредитель – Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования«Государственный университет —  
учебно-научно-производственный комплекс»Редакционный совет

Голенков В.А., председатель  
Радченко С.Ю., заместитель председателя  
Борзенков М.И., секретарь

Астафичев П.А., Иванова Т.Н., Киричек А.В.,  
Колчунов В.И., Константинов И.С.,  
Новиков А.Н., Попова Л.В., Степанов Ю.С.

Главный редактор

Константинов И.С.

Редколлегия

Архипов О.П. (Орел, Россия)  
Аверченков В.И. (Брянск, Россия)  
Бок Т. (Мюнхен, Федеративная Республика Германия)  
Гайндрик К. (Кишинев, Молдова)  
Долгий А. (Сент-Этьен, Франция)  
Еременко В.Т. (Орел, Россия)  
Иванников А.Д. (Москва, Россия)  
Ипатов О.С. (Санкт-Петербург, Россия)  
Колоколов Ю.В. (Ханты-Мансийск, Россия)  
Коськин А.В. (Орел, Россия)  
Маркарян Г. (Ланкастер, Великобритания)  
Подмастерьев К.В. (Орел, Россия)  
Поляков А.А. (Москва, Россия)  
Распопов В.Я. (Тула, Россия)  
Сотников В.В. (Санкт-Петербург, Россия)

Рубрики номера

1. Математическое  
и программное обеспечение  
вычислительной техники  
и автоматизированных систем ..... 5-18
2. Математическое и компьютерное  
моделирование ..... 19-31
3. Информационные технологии  
в социально-экономических  
и организационно-технических  
системах ..... 32-83
4. Автоматизация и управление  
технологическими процессами  
и производствами ..... 84-107
5. Телекоммуникационные системы  
и компьютерные сети ..... 108-114
6. Информационная безопасность и защита  
информации ..... 115-146

Редакция

Г.А. Константинова  
А.И. Мотина  
А.А. Митин

Сдано в набор 15.03.2011 г.  
Подписано в печать 25.04.2011 г.

Формат 70x108 1/16.  
Усл. печ. л. 7,5. Тираж 300 экз.  
Заказ №

Отпечатано с готового оригинал-макета  
на полиграфической базе  
ФГОУ ВПО «Государственный университет - УНПК»  
302030, г. Орел, ул. Московская, 65

Адрес учредителя журнала

302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 29  
(4862) 42-00-24; [www.ostu.ru](http://www.ostu.ru);  
E-mail: [unpk@ostu.ru](mailto:unpk@ostu.ru)

Адрес редакции

302020, г. Орел, Наугорское шоссе, 40  
(4862) 43-40-39; [www.ostu.ru](http://www.ostu.ru); E-mail: [isit@ostu.ru](mailto:isit@ostu.ru)

Подписной индекс 15998  
по объединенному каталогу  
«Пресса России»

Журнал входит в Перечень ведущих рецензируемых  
научных журналов и изданий, определенных ВАК для  
публикации трудов на соискание ученых степеней  
кандидатов и докторов наук.

Зарег. в Федеральной службе по надзору в сфере  
связи, информационных технологий  
и массовых коммуникаций.

Св-во о регистрации средства массовой  
информации ПИ № ФС77-35333 от 17.02.2009 г.

©Государственный университет - УНПК, 2011

№ 3 (65) May - June 2011

The journal is published since 2002, leaves six times a year  
The founder – State University – Education-Science-Production Complex

### *Editorial council*

Golenkov V.A., president  
Radchenko S.Y., vice-president  
Borzenkov M.I., secretary

Astafichev P.A., Ivanova T.N., Kirichek A.V.,  
Kolchunov V.I., Konstantinov I.S.,  
Novikov A.N., Popova L.V., Stepanov Y.S.

### *Editor-in-chief*

Konstantinov I.S.

### *Editorial board*

Arhipov O.P. (Orel, Russia)  
Averchenkov V.I. (Bryansk, Russia)  
Bok T. (Munich, Federal Republic of Germany)  
Gaidrik K. (Kishinev, Moldova)  
Dolgij A. (Saint-Etienne, France)  
Eremenko V.T. (Orel, Russia)  
Ivannikov A.D. (Moscow, Russia)  
Ipatov O.S. (St. Petersburg, Russia)  
Kolokolov J.V. (Khanty-Mansiysk, Russia)  
Koskin A.V. (Orel, Russia)  
Markaryan G. (Lancaster, Great Britain)  
Podmasteriev K.V. (Orel, Russia)  
Polyakov A.A. (Moscow, Russia)  
Raspopov V.Ya. (Tula, Russia)  
Sotnikov V.V. (St. Petersburg, Russia)

### In this number

1. Software of the computer facilities  
and the automated systems ..... 5-18
2. Mathematical modeling  
and computer simulation..... 19-31
3. An information technologies in socio-  
economic and organizational-technical  
systems ..... 32-83
4. Automation and control  
of technological processes  
and manufactures ..... 84-107
5. Telecommunication systems  
and computer networks ..... 108-114
6. The information security and information  
protection ..... 115-146

### The editors

Konstantinova G.A.  
Motina A.I.  
Mitin A.A.

### The address of the founder of journal

302020, Orel, Highway Naugorskoe, 29  
(4862) 42-00-24; [www.ostu.ru](http://www.ostu.ru);  
E-mail: [unpk@ostu.ru](mailto:unpk@ostu.ru)

### The address of the editorial office

302020, Orel, Highway Naugorskoe, 40  
(4862) 43-40-39; [www.ostu.ru](http://www.ostu.ru);  
E-mail: [isit@ostu.ru](mailto:isit@ostu.ru)

*It is sent to the printer's on 15.03.2011,  
25.04.2011 is put to bed  
Format 70x108 1/16.  
Convent. printer's sheets 7,5. Circulation 300 copies  
The order №  
It is printed from a ready dummy layout  
on polygraphic base of State University – ESPC  
302030, Orel, Moskovskaya street, 65*

*Index on the catalogue  
«Pressa Rossii» 15998*

Journal is included into the list of the Higher Attestation  
Commission for publishing the results of theses for  
competition the academic degrees.

Journal is registered in Federal Service for  
Supervision in the Sphere of Telecom, Information  
Technologies and Mass Communications.  
The certificate of registration  
ПИ № ФС77-35333 from 17.02.2009.

© State University – ESPC, 2011

## СОДЕРЖАНИЕ

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

<i>Беляева Т.П., Затворницкий А.П.</i> Оптимальное планирование комплексных проектов создания электронной компонентной базы .....	5
<i>Фролов А.И., Кравцова Н.А.</i> Формализация процесса генерации диалоговых интерфейсов сбора данных в автоматизированной адаптивной системе административного мониторинга .....	11

### **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

<i>Комаров В.М., Ефимова П.Е.</i> Алгоритмы планирования заказов в системе принятия решений в процессе управления проектированием оснастки.....	19
<i>Полищук Ю.М., Полищук В.Ю.</i> Моделирование пространственно-временной динамики термокарста в зоне многолетней мерзлоты .....	25

### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

<i>Амелина О.В.</i> Объектно-ориентированные технологии и архитектура информационных систем .....	32
<i>Волкова Н.В., Суздальцев А.И.</i> Дискретно-детерминированная модель системы поддержки принятия решений в АСУ предприятия .....	38
<i>Губин М.О.</i> Прогнозирование фрактальных финансовых временных рядов гибридной нейро-нечеткой системой .....	43
<i>Дорошенко И.Я.</i> Концепция хранилища учебно-методических материалов – СИБГТУ .....	56
<i>Костюкова Т.П., Лысенко И.А.</i> Система управления образовательными рисками в учреждении высшего профессионального образования .....	60
<i>Платонова А.С., Самохин А.В.</i> Проектирование информационной системы контроля и оценки результатов образовательной деятельности учащихся: архитектура, модель и структура базы данных .....	68
<i>Разыграева В.А., Лямин А.В.</i> Адаптивная электронная система обучения с учетом оценки функционального состояния обучающегося .....	76

### **АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ**

<i>Николаев А.Б., Солнцев А.А., Строганов В.Ю., Тимофеев П.А., Брыль В.Н.</i> Методика интеграции приложений в гибридной системе поддержки принятия решений с открытой структурой .....	84
<i>Раков В.И., Константинов И.С.</i> Прагматический взгляд на технический аспект обеспечения безопасности жизнедеятельности .....	91
<i>Хасанов Р.И., Аралбаев Т.З.</i> Определение категории дорожного полотна на основе ассоциативной модели распознавания образов .....	102

### **ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И КОМПЬЮТЕРНЫЕ СЕТИ**

<i>Лазарев С.А., Силаев П.П.</i> Применение цифровых носителей идентификационной информации для управления доступом в сети корпоративных порталов .....	108
---	-----

### **ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ**

<i>Еременко В.Т., Тютякин А.В., Семашко Е.А.</i> Выбор операционных моделей обработки, архивирования и защиты изображений в распределенных системах технической диагностики.....	115
<i>Комашинский В.В., Нгуен Т.А.</i> Алгоритм обучения системы фильтрации входного web-потока по статистическим характеристикам его графической составляющей .....	120
<i>Мироненко А.Н., Белим С.В.</i> Многоуровневая система фильтрации спама .....	125
<i>Сёмкин С.Н., Горохов Д.Е., Дементьев С.И.</i> Имитационное моделирование как инструмент управления качеством процесса защиты информации .....	129
<i>Свечников Д.А., Царев Д.С.</i> Методика тестирования межсетевых экранов по требованиям безопасности информации .....	136
<i>Собакин И.Б.</i> Эволюция стандартов в области управления рисками информационной безопасности .....	141

## CONTENT

### **SOFTWARE OF THE COMPUTER FACILITIES AND THE AUTOMATED SYSTEMS**

- Belyaeva T.P., Zatvornitskiy A.P.* Optimal complex projects planning of electronic component base development .....5
- Frolov A.I., Kravtsova N.A.* Formalization of the process of input data dialogue interfaces generation in automated adaptive system of administrative monitoring .....11

### **MATHEMATICAL AND COMPUTER SIMULATION**

- Komarov V.M., Efimova P.E.* Order planning algorithms of decision making system within tool set design management.....19
- Polishchuk Y.M., Polishchuk V.Y.* Modeling of spatial-temporal dynamics of thermokarst in permafrost zone .....25

### **AN INFORMATION TECHNOLOGY IN SOCIAL AND ECONOMIC AND ORGANIZATIONAL-TECHNICAL SYSTEMS**

- Amelina O.V.* Object-oriented technologies and information systems architecture .....32
- Volkova N.V., Suzdaltsev A.I.* The discrete-determined model of decision support system in the enterprise management information system .....38
- Gubin M.O.* Forecasting fractal financial time series by hybrid neuro-fuzzy system.....43
- Doroshenko I.Ya.* Conception of organization storage of educational data in SIBSTU .....56
- Kostyukova T.P., Lysenko I.A.* Control system for risk management in educational establishment of higher education .....60
- Platonova A.S., Samokhin A.V.* Design of information system for monitoring and evaluation of educational performance of pupils: architecture, model and structure of the database ..... 68
- Razygraeva V.A., Lyamin A.V.* Adaptive e-learning management system based on assessment student's functional state ..... 76

### **AUTOMATION AND MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND MANUFACTURES**

- Nikolayev A.B., Solntsev A.A., Stroganov V.Yu., Timofeyev P.A., Bryl V.N.* Method of application integration in hybrid decision support system with an open structure ..... 84
- Rakov V.I., Konstantinov I.S.* Pragmatic view of the technical aspects of the life .....91
- Khasanov R.I., Aralbaev T.Z.* The quality assesment of roadway on the bases of associative model of pattern recognition ..... 102

### **TELECOMMUNICATION SYSTEMS AND COMPUTER NETWORKS**

- Lazarev S.A., Silaev P.P.* Application of digital media identification information for access control in network enterprise portals .....108

### **THE INFORMATION SAFETY AND INFORMATION PROTECTION**

- Eremenko V.T., Tyutyakin A.V., Semashko E.A.* On selection of operational models of image processing, compression and protection in distributed systems of diagnostics .....115
- Komashinsky V.V., Nguyen T.A.* A training algorithm for the system of incoming web traffic filtering based on statistical characteristics of its graphic component ..... 120
- Mironenko A.N., Belim S.V.* Multilevel spam filtering system .....125
- Syomkin S.N., Goroxov D.E., Dement'ev S.I.* Simulation as a tool for quality management of information security ..... 129
- Svechnikov D.A., Tsarev D.S.* Firewalls testing technique as information security requires .....136
- Sobakin I.B.* The evolution of standards concerned information security risk management .....141

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ

УДК 681.03

Т.П. БЕЛЯЕВА, А.П. ЗАТВОРНИЦКИЙ

ОПТИМАЛЬНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ПРОЕКТОВ СОЗДАНИЯ  
ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТНОЙ БАЗЫ

*Учитывая специфику проектов, реализуемых предприятиями электронной промышленности, разработана математическая модель оптимального планирования работ по проекту с целью максимизации прибыли, при условии, что разработанные и протестированные библиотечные элементы в рамках одного проекта будут полезны и для других проектов. В результате будет получен не только доход от изделия, но и экономия при разработке последующих изделий.*

**Ключевые слова:** модель; планирование; проект; предприятие электронной промышленности; «библиотечный» блок.

Построим модель планирования работ, учитывающую особенности разработки инновационной продукции специального назначения в электронной промышленности.

Допустим, требуется реализовать некоторый проект (например, разработка изделия, производство опытной партии, испытание и запуск его в серию). Для его реализации необходимо выполнить  $n$  работ, распределяемых по  $m$  исполнителям. Исполнителями мы будем считать не только отделы (разработки, тестирования, разработки программного обеспечения), но и группы в рамках этих отделов, которые могут самостоятельно выполнять отдельные работы по проекту. Таким образом, будем считать, что каждая конкретная работа может быть выполнена одним из нескольких исполнителей.

Обозначим множество работ, которые может выполнить  $j$ -й исполнитель, как  $\omega_j$ . Также введём матрицу  $W = \{w_{ij}\}_{i=1..n, j=1..m}$ ,

где  $w_{ij} = 1$ , если  $i$ -я работа может быть выполнена  $j$ -м исполнителем;

$w_{ij} = 0$  в противном случае.

Ясно, что при этом должно выполняться условие  $\forall j \in 1..n, \sum_{i=1}^m w_{ij} \geq 1$ . Далее, пусть

$\alpha_j$  – начальная, а  $\omega_j$  – конечная работа для  $j$ -го исполнителя (где  $j \in 1..m$ ;  $\alpha_j, \omega_j \in 1..n$ ). Часто такие работы очевидны, в редких случаях их можно ввести во множество работ искусственно, присвоив нулевую длительность и нулевую потребность в ресурсах.

Необходимо учитывать и стоимость одного интервала времени работы исполнителя –  $\sigma_j$  (сюда следует отнести расходы на оплату труда сотрудников, рабочее место, амортизацию используемого оборудования и т.д.).

Тот факт, что исполнитель может приступить к работам по планируемому проекту только начиная с определённого момента времени (например, завершив работы по предыдущему проекту), учтём введением параметра  $H_j^* \in 1..T$ . Здесь  $H_j^*$  – время начала работ  $j$ -го исполнителя,  $T$  – количество интервалов времени, на которые можно назначать выполнение различных заданий (в зависимости от требуемой точности планирования, можно использовать дневные, недельные, месячные интервалы). Значение  $T$  мы будем использовать, чтобы задать предел времени, отпущенного на выполнение проекта.

Следовательно, каждый исполнитель будет описываться кортежем

$$J = \langle w_j, \alpha_j, \omega_j, H_j^*, \sigma_j \rangle.$$

Работы, производимые исполнителями, будем описывать временем  $t_i$  и стоимостью  $c_i$ . Получаемые зависимости легко обобщить для рассмотрения дополнительных ресурсов (таких, как арендуемое оборудование или программное обеспечение, услуги сторонних организаций и т.д.). Кроме того, при необходимости можно использовать приёмы [1] для оценки времени выполнения работ не одним значением, а парой – «от» и «до». Однако чтобы не скрывать суть метода за деталями их реализации, ограничимся указанными параметрами. Таким образом, каждую работу будем описывать кортежем  $I = \langle t_i, c_i \rangle$ .

На множестве работ задан нестрогий порядок: некоторые работы могут быть начаты лишь после завершения одной или нескольких предыдущих работ. Будем задавать его с помощью матрицы  $Q$  размером  $n \times n$  элементов:  $Q = \{q_{ik}\}_{i,k \in 1..n}$ , где  $q_{ik} = 1$ , если перед началом  $k$ -й работы должна быть завершена  $i$ -я работа;  $q_{ik} = 0$ , если начало  $k$ -й работы не связано с результатами  $i$ -й.

Очевидно, для  $j$ -го исполнителя «начальная» работа  $\alpha_j$  не должна зависеть от выполнения других работ этим исполнителем, а «конечная» работа  $\omega_j$ , наоборот, может быть «начата» только после завершения всех работ этим исполнителем. Порядок, задаваемый матрицей  $Q$ , для наших целей должен быть транзитивным, а именно: если  $q_{ik_1} = 1$  и  $q_{k_1 k_2} = 1$ , то  $q_{ik_2} = 1$ . Иными словами, в качестве условия начала  $k$ -й работы должны быть перечислены все работы, на результат которых она полагается (а не только одна, непосредственно предшествующая); это позволит планировать более гибко. Важно, что  $k$ -я и  $i$ -я работы, для которых  $q_{ik} = 1$ , могут выполняться совершенно разными исполнителями. Например, соответствующий отдел может начать тестирование изделия после завершения своей части опытным производством (или внешней организацией).

Составим модель планирования в виде задачи целочисленного программирования. Для этого введём бинарные переменные  $x_{ik}^{(j)}$ , равные 1, если  $j$ -й исполнитель сразу после  $i$ -й работы выполнит  $k$ -ю ( $i, k \in 1..n, j \in 1..m$ ) или 0 во всех остальных случаях. Также введём целочисленные переменные  $H_i$ , обозначающие время начала  $i$ -й работы ( $H_i \in 1..T, j \in 1..m$ ). Связь между этими переменными будет установлена в ограничениях модели. Вычислив по предлагаемой ниже модели значения переменных и  $x_{ik}^{(j)}$ , получим все необходимые сведения о порядке выполнения работ исполнителями и о времени начала и окончания работ.

Предположим, что в результате выполнения проекта будет получен доход  $S$ . Расходы же будем считать складывающимися из двух частей: суммарной стоимости каждой из работ

$$\sum_{i=1}^n c_i \text{ и } \text{повременных затрат на единицу времени каждого исполнителя}$$

$$\sum_{j=1}^m \sigma \left( H_{\omega_j} + t_{\omega_j} - H_{\alpha_j} \right), \text{ вычисляемых, исходя из времени завершения последней работы}$$

исполнителя по данному проекту (отметим, что финансирование исполнителей в периоды «между проектами» и минимизация таких периодов – отдельная проблема, требующая особого рассмотрения). Вопросы дисконтирования (приведения денежных сумм к значениям одного момента времени) и налогообложения пока рассматривать не будем.

Итак, нам следует максимизировать разницу между доходами и расходами:

$$S - \left( \sum_{i=1}^n c_i + \sum_{j=1}^m \sigma \left( H_{\omega_j} + t_{\omega_j} - H_{\alpha_j} \right) \right) \rightarrow \max \quad (1)$$

со следующими ограничениями:

$$\sum_{i=1}^n c_i + \sum_{j=1}^m \sigma \left( H_{\omega_j} + t_{\omega_j} - H_{\alpha_j} \right) < S \quad (2)$$

$$\sum_{k=1}^n x_{ik}^{(j)} = 1, \text{ для всех } j \in 1..m, i \in W_j \setminus \{\omega_j\} \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^n x_{i\alpha_j}^{(j)} = 0, \text{ для всех } j \in 1..m, i = \alpha_j \quad (4)$$

$$\sum_{k=1}^n x_{\omega_j k}^{(j)} = 0, \text{ для всех } j \in 1..m, k \in 1..n \quad (5)$$

$$\sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ik}^{(j)} = 1, \text{ для всех } k \in 1..n \wedge k \notin \{\alpha_j\}_{j=1..m} \quad (6)$$

$$H_{\alpha_j} \geq H_j^*, \text{ для всех } j \in 1..m \quad (7)$$

$$H_{\omega_j} + t_{\omega_j} \leq T, \text{ для всех } j \in 1..m \quad (8)$$

$$x_{ik}^{(j)}(H_k) \geq x_{ik}^{(j)}(H_i + t_i), \text{ для всех } j \in 1..m; i, k \in 1..n \quad (9)$$

$$H_k \geq H_i + t_i \text{ для всех } i, k \in 1..n \text{ таких, что } q_{ik} = 1 \quad (10)$$

$$x_{ik}^j \in \{0, 1\} \quad (11)$$

$$H_i \in 1..T \quad (12)$$

Ограничение (2) гарантирует, что затраты на получаемый план будут меньше дохода. Ограничения (3)-(6) обеспечивают связность потока работ для каждого исполнителя. Ограничение (3) требует, чтобы после каждой работы, за исключением последней, у исполнителя имелась ровно одна работа. Ограничения (4),(5) обеспечивают отсутствие работ после последней и перед первой работами; (6) устанавливает, что каждая работа должна иметь исполнителя (кроме начальных работ, так как этот случай уже покрыт ограничением (4)).

Ограничение (7) устанавливает, что первая работа j-го исполнителя начинается не раньше, чем когда он освободится; (8) требует завершения работы не позже установленного срока.

Ограничение (9) говорит, что следующая работа должна начаться не ранее, чем закончится предыдущая. Это неравенство представляет собой реализацию отношения «следовательно»: если  $x_{ik}^{(j)} = 1$  оно превращается в  $H_k \geq H_i + t_i$ , а при  $x_{ik}^{(j)} = 0$  оно выполняется автоматически. Отметим, что некоторые компьютерные программы для решения задач целочисленного программирования и оптимизации с ограничениями (COP – constrained optimization problem) поддерживают отношение «следовательно» и могут работать быстрее, когда оно задано явно.

Ограничение (10) гарантирует, что любая работа начнётся только после завершения работ, от результатов которых она зависит.

По сути, эта модель направлена на нахождение распределения работ по исполнителям, которое должно укладываться в заданное время и минимизировать при этом общую стоимость работы исполнителей путём уменьшения времени их работы.

Однако на практике часто проявляется специфика, препятствующая использованию модели (1)-(12). Особенность современных проектов, реализуемых предприятиями электронной промышленности, в том, что заказчику часто требуются целые серии изделий со схожим «ядром», но разных по составу дополнительных блоков, интерфейсам, устойчивости к воздействиям и т.д. При этом естественно, что предприятие-разработчик одного из изделий серии имеет уже большой задел, а потому сделает следующее устройство значительно быстрее и качественнее, чем любой другой разработчик – а это важный фактор при переговорах с потребителем о цене изделия.

Кроме того, учитывая тенденцию производителей электронной техники к переходу от универсальных микроконтроллеров и компонентной базы к специализированным чипам, вполне вероятно появление заказов на другие чипы для той же области применения, в которых можно использовать многие уже наработанные решения.

Таким образом, для некоторых проектов имеет смысл даже снизить цену ниже себестоимости, если ожидается повторное использование ряда наработок в других изделиях. И рынок диктует такое поведение, особенно в тех секторах, где отечественный разработчик конкурирует с зарубежными дизайн-центрами и кремниевыми фабриками.

В то же время подготовка отдельных блоков для повторного использования целесообразна далеко не в каждом случае, когда это возможно, так как в конкретном изделии такие блоки часто удаётся использовать ограниченно, в объёмах, требуемых для обеспечения функциональности изделия. Разработка же универсального блока требует более полного проектирования и тестирования, а значит, и дополнительных затрат.

Следовательно, подходящую для совершенно каждого случая стратегию повторного использования сформулировать нельзя (даже крайние случаи «повторное использование любой ценой» или «не тратить ни минуты на повторное использование» могут быть целесообразны для некоторых проектов, не говоря уже обо всём спектре промежуточных стратегий). Необходимо индивидуальное рассмотрение каждого случая, подкреплённое соответствующим инструментарием поддержки принятия решений.

Разработаем одну из моделей, учитывающую изложенные выше соображения. Разработанные и протестированные блоки, для которых подразумевается повторное использование, составляют библиотеку. В дальнейшем, такие блоки используются на функционально-логическом уровне проектирования, без необходимости «спускаться» на схемотехнический уровень. Это даёт экономию времени при разработке и тестировании. Следовательно, результатом проекта является не только изделие, но и готовые для повторного использования «библиотечные» блоки. В финансовом смысле, результатом будет не только доход от изделия, но и экономия при разработке последующих изделий. Особенность в том, что других заказов на изделия, в которых может пригодиться тот или иной библиотечный блок, может и не быть.

Пусть после разработки изделия будет также подготовлено  $N_b$  блоков. Создание  $b$ -го блока ( $b \in 1..N_b$ ) имеет стоимость  $r_b$  (при затруднениях в определении стоимости можно использовать трудоёмкость в человеко-часах на создание этого модуля в качестве отдельного проекта).

Предположим, что в будущем планируется работа по ряду дополнительных проектов, которые могут использовать наработанные в данном проекте библиотечные блоки. Просматривается  $N_V$  проектов. Доход от реализации  $v$ -го проекта ( $v \in 1..N_V$ ) примерно оценивается величиной  $S_v$ , себестоимость –  $R_v$ , а вероятность получения заказа на его реализацию оценивается числом  $p_v$  ( $p_v \in [0,1]$ ); оценку может проводить принимающее решения лицо самостоятельно или на основе экспертной оценки).

Использование возможным в будущем  $v$ -м проектом библиотечных элементов, разработанных в рамках реализуемого в данный момент проекта, обозначим вектором  $\vec{u}_v$ ,  $\vec{u}_v = (u_{v0}, u_{v1}, \dots, u_{vN_b})$ , где  $u_{vb} = 1$ , если  $v$ -й проект использует  $b$ -й библиотечный элемент, или же  $u_{vb} = 0$  в противном случае ( $b \in 1..N_b$ ).

Итак, возможный в будущем проект описывается кортежем  $V = \langle S_v, R_v, p_v, \vec{u}_v \rangle$ .

Будем считать получение заказа на  $v$ -й проект независимым от получения заказа на любой из остальных  $N_V - 1$  проектов (учёт взаимозависимости проектов не усложнит модель концептуально, но сделает её технически более громоздкой).

Оценим теперь прибыль от реализации проекта. Создание  $b$ -го библиотечного блока, используемого в  $v$ -м проекте, позволит уменьшить его себестоимость на величину  $r_b / R_v$ . Сокращение себестоимости можно оценивать как пропорциональный вклад в прибыль

предприятия, размером  $(S_v - R_v)/R_v \cdot r_b$ . Общую «полезность» всех библиотечных блоков для  $v$ -го проекта можно вычислить формулой  $\frac{S_v - R_v}{R_v} \sum_{b=1}^{N_b} u_{vb} r_b$  или же в векторной форме

$\frac{S_v - R_v}{R_v} (\vec{u}_v, \vec{r})$ , где  $\vec{r} = (r_1, r_2, \dots, r_{N_b})$ , а  $(\vec{u}_v, \vec{r})$  – скалярное произведение векторов.

Возможна также оценка полезности, идущая не от вклада в доход, а от уменьшения расходов, в этом случае коэффициент  $(S_v - R_v)/R_v$  следует убрать.

Также следует учесть неопределённость получения заказов. Будем использовать для этого математическое ожидание получаемой суммы. По условию, с вероятностью  $p_v$  будет получен доход  $S_v$ , с вероятностью  $1 - p_v$  доход будет равен 0, следовательно, математическое ожидание получаемой суммы можно рассчитать по формуле  $p_v \cdot \frac{S_v - R_v}{R_v} (\vec{u}_v, \vec{r})$ . Учитывая принятую нами выше независимость проектов, перепишем целевую функцию (1) в виде:

$$S - \left( \sum_{i=1}^n c_i + \sum_{j=1}^m \sigma \left( H_{\omega_j} + t_{\omega_j} - H_{\alpha_j} \right) \right) + \sum_{v=1}^{N_v} \left( p_v \cdot \frac{S_v - R_v}{R_v} \sum_{b=1}^{N_b} u_{vb} r_b \right) \rightarrow \max$$

с ограничениями (3)-(12). Ограничение (2) следует заменить ограничением неотрицательности максимизируемой величины. Воспользовавшись независимостью от результатов планирования работ некоторых слагаемых целевой функции, перенесём их в ограничения, упростив целевую функцию. Получим

$$\sum_{j=1}^m \sigma \left( H_{\omega_j} + t_{\omega_j} - H_{\alpha_j} \right) \rightarrow \min$$

с ограничениями (3)-(12), а также с ограничением

$$S + \sum_{v=1}^{N_v} \left( p_v \cdot \frac{S_v - R_v}{R_v} \sum_{b=1}^{N_b} u_{vb} r_b \right) > \sum_{i=1}^n c_i + \sum_{j=1}^m \sigma \left( H_{\omega_j} + t_{\omega_j} - H_{\alpha_j} \right).$$

Получена задача целочисленного программирования с линейной целевой функцией и нелинейными ограничениями (нелинейным является только ограничение (9)). Обзор методов решения таких задач можно найти в [2,3]. Разрабатываются современные алгоритмы, использующие возможности многопроцессорных систем [4], в том числе, высокоскоростные векторные вычислители, устанавливаемые на видеокартах.

Полученная модель предназначена для планирования работ по проекту с целью максимизации прибыли при условии, что ряд созданных в рамках проекта библиотечных элементов окажется полезным также и для других проектов, которые могут быть получены с некоторой вероятностью в будущем. Модель позволяет вычислить ожидаемую длительность работ по проекту каждым исполнителем, порядок выполнения работ, ожидаемую прибыльность проекта. Для увеличения точности модели следует добавить дисконтирование финансовых потоков (приведение их к общей точке во времени), учёт налоговых поступлений, учёт взаимной зависимости получения будущих проектов с помощью таблиц условной вероятности, средства повышения устойчивости получаемых решений к непрогнозируемым отклонениям. Кроме того, модель сильно зависит от точности оценки вероятности получения проектов, которую можно повысить использованием различных методов экспертного оценивания.

Предложенную модель можно развить и для автоматизированного выбора одного из нескольких вариантов реализации проекта. Это позволит использовать модель для случаев, когда можно сделать выбор: разработать в рамках проекта более универсальные библиотечные элементы (ценой увеличения стоимости и времени реализации проекта) с надеждой на то, что это вернётся в последующих проектах, либо сэкономить сейчас (увеличив стоимость и сложность возможных будущих проектов). Однако рассмотрение

нескольких вариантовкратно увеличит размерность задачи, что поставит под вопрос возможность её решения в приемлемые сроки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Косоруков О.А., Мищенко А.В. Исследование операций: учебник; под общ. ред. д.э.н., проф. Н.П. Тихомирова. – М: Издательство «Экзамен», 2003. – 448 с.
2. Laurence A. Wolsey and George L. Nemhauser. Integer and Combinatorial Optimization. Wiley-Interscience, 1 edition, November 1999.
3. Схрейвер А. Теория линейного и целочисленного программирования: в 2-х т.: пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 360 с.
4. K. Hirayama, M. Yokoo. The distributed breakout algorithms // Artificial Intelligence, 2005. – Vol. 161. – PP. 89-115.

#### **Беляева Татьяна Петровна**

Воронежская государственная лесотехническая академия, г. Воронеж  
Аспирант кафедры вычислительной техники и информационных систем  
Тел.: 8(0732)53-70-88, 8 951 550 11 07  
E-mail: [belyaeva\\_tp@mail.ru](mailto:belyaeva_tp@mail.ru)

#### **Затворницкий Александр Петрович**

Воронежская государственная лесотехническая академия, г. Воронеж  
Кандидат технических наук, доцент кафедры вычислительной техники и информационных систем  
Тел.: 8(0732)53-70-88

---

T.P. BELYAEVA, A.P. ZATVORNICKIY

### **OPTIMAL COMPLEX PROJECTS PLANNING OF ELECTRONIC COMPONENT BASE DEVELOPMENT**

*Mathematical model taking into account project specifics of electronic enterprises is worked out for project works planning with the aim of profit maximizations, provided the library elements developed and tested for one project may be used for the other one. In the result both the profit from one given product and the following products development economy can be obtained.*

**Keywords:** model; planning; project; enterprise of electronic industry; «library» block.

#### **BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Kosorukov O.A., Mishhenko A.V. Issledovanie operacij: uchebnik // pod obshh. red. d.ek.n., prof. N.P. Tixomirova. – M.: Izdatel'stvo «E'kzamen», 2003. – 448 s.
2. Laurence A. Wolsey and George L. Nemhauser. Integer and Combinatorial Optimization. Wiley-Interscience, 1 edition, November 1999.
3. Sxejver A. Teoriya linejnogo i celochislenного programmirovaniya: v 2-x t.: per s angl. – M.: Mir, 1991. – 360 s.
4. K. Hirayama, M. Yokoo. The distributed breakout algorithms // Artificial Intelligence, 2005. – Vol. 161. – PP. 89-115.

А.И. ФРОЛОВ, Н.А. КРАВЦОВА

**ФОРМАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ГЕНЕРАЦИИ ДИАЛОГОВЫХ ИНТЕРФЕЙСОВ  
СБОРА ДАННЫХ В АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЕ  
АДМИНИСТРАТИВНОГО МОНИТОРИНГА**

*В статье рассматриваются вопросы автоматизации процесса построения диалоговых интерфейсов ввода данных в автоматизированной адаптивной системе административного мониторинга. С использованием аппарата алгебраических типов данных построена формализованная модель диалогового интерфейса. Предложена методика отображения модели хранения структуры данных на модель интерфейса, позволяющая автоматизировать процесс получения исходного текста интерфейсной формы.*

**Ключевые слова:** административный мониторинг; формализация модели интерфейса; методика отображения модели данных в модель интерфейса; интерфейс сбора данных.

**ВВЕДЕНИЕ**

В системах административного мониторинга необходимость постоянного наблюдения за значащими качествами объекта мониторинга требует определенной модели хранения для постоянного фиксирования сложной структуры данных и настраиваемого интерфейса ввода [1]. Информационная модель интерфейса ввода напрямую зависит от модели хранения и определяется теми математическими объектами, с помощью которых описываются объекты учета, их типы, показатели и прочие хранимые элементы системы мониторинга [2]. Как правило, выделяемые объекты учета распределены в пространстве и имеют различную временную цикличность своих показателей (значащих качеств объекта управления).

Внесение информации в систему мониторинга происходит в двух режимах:

- режим подготовки (адаптации) системы к предметной области (вводится информация, определяющая принципы сбора, хранения и обработки);
- режим мониторинга значений показателей объектов учета.

Оба режима работы системы мониторинга не являются последовательными. Поскольку периоды учета являются дискретными величинами, изменение структуры объектов учета и присутствующих показателей можно проводить в промежутках между вводом значений показателей за периоды учета. Однако до первого использования системы в режиме мониторинга значений показателей должна быть проведена необходимая настройка системы в соответствии с конкретными требованиями к процедуре мониторинга, что и будет составлять ее первичную адаптацию. В результате этого процесса будут построены внутренние структуры, необходимые для организации хранения значений показателей. Коррекция данных структур может проводиться в дальнейшем регулярно.

Автоматизированный сбор данных в системе мониторинга начинается с подготовки процедуры мониторинга, заключающейся в последовательном создании экземпляра модели хранения, согласно представленной ниже методике [3].

Организация ввода поступающих в систему данных происходит посредством генерируемых диалоговых интерфейсов, структура которых напрямую вытекает из созданной модели хранения. Методики отображения модели хранения на модель генерируемого класса интерфейсов и генерации интерфейса ввода согласно полученной модели опишем ниже. Таким образом, автоматизированный сбор данных в системе мониторинга представляет собой замкнутый цикл структурирования поступающей информации с последующим структурированием элементов модели интерфейса. Данный цикл изображен на схеме (рис. 1).

В данной статье основное внимание будет уделено разработке методик отображения модели хранения на модель генерируемого класса интерфейсов; генерации интерфейса ввода согласно полученной модели опишем ниже.



Рисунок 1 – Цикл автоматизированного процесса сбора данных

### ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ИНТЕРФЕЙСА СБОРА ДАННЫХ

В первую очередь необходимо определить модель диалогового интерфейса ввода данных. Она представляет собой отображение структур данных, которое, в отличие от модели хранения, позволяет оперировать с данными на языке программирования высокого уровня. Структуры данных, получаемые в результате описанной ниже методики, являются универсальными для языков высокого уровня и, следовательно, не зависят от конкретной программной реализации.

Для одной и той же модели интерфейса можно сформировать несколько моделей хранения. Однако необходимо выбрать такую модель интерфейса, которая однозначно определяется как результат обратного преобразования отношений модели хранения.

Модель интерфейса ввода данных будет рассмотрена с точки зрения теории типов и сформулирована с помощью абстракции *алгебраических типов данных (АТД)*. АТД представляет собой тип, значения которого являются значениями некоторых иных типов, «обёрнутыми» конструкторами алгебраического типа.

Элементы модели интерфейса могут быть не элементарны, то есть представлять собой укрупненные блоки, требующие дальнейшей детализации на атомарные структуры данных. Поясним последнее высказывание на примере. Если элемент одного из отношений, представленного в модели хранения, уже присутствует в системе, то при генерации части модели интерфейса, требующей указания (выбора/чтения) на интерфейсе этого элемента, нет смысла оперировать полной моделью элемента. Поскольку указанный элемент может быть неатомарным, то невозможно найти отражающую его элементарную структуру данных. В таком случае удобно воспользоваться абстрактным атомарным значением, с помощью которого можно однозначно указать на элемент. Например, с помощью идентификатора.

Укрупненные блоки модели интерфейса после окончательной генерации самого интерфейса представляют собой области экранных форм со сгруппированными элементами управления в них. В модели интерфейса сохраняется присутствие подобных укрупненных блоков, то есть не осуществляется их детализация в линейный список элементов для сохранения подобной группировки элементов на интерфейсе.

Интерфейс ввода является генерируемым интерфейсом, состоящим из нескольких блоков, позволяющих вводить и редактировать объекты учета и значения их показателей.

Формально интерфейс ввода при работе в адаптационном режиме позволяет редактировать следующие хранимые отношения [4]:

- отношение *родительских связей типов* объектов учета (Et),
- отношение *типизирования* объектов учета (Eto),
- отношение *родительских связей* объектов учета (Eo),
- отношение набора показателей, принадлежащих типу объекта учета (Rtp).

При работе в режиме введения мониторинга интерфейс ввода позволяет редактировать отношение значения показателей к элементу интерфейса (Rspo).

Поскольку хранимые элементы модели представляют собой одинаковые математические структуры (отношения), то методики отображения различных элементов на модель диалогового интерфейса будут сходными.

Для работы с объектами необходимо 2 типа интерфейса:

– интерфейс, с помощью которого можно читать отношение, то есть просматривать все элементы множества упорядоченных пар (далее будем называть такой тип интерфейса интерфейсом чтения);

– интерфейс, с помощью которого можно редактировать каждый элемент отношения.

В общем случае для построения моделей этих типов интерфейсов для одного и того же отношения требуются различные методики.

Как правило, оба типа интерфейса могут быть объединены. После просмотра элементов отношения возможно осуществить переход к интерфейсу редактирования указанного элемента или к добавлению нового элемента.

### МОДЕЛЬ ИНТЕРФЕЙСА ЧТЕНИЯ ВСЕХ ПАР В ОТНОШЕНИИ

Поскольку задача интерфейса, осуществляющего чтение отношения, заключается в организации просмотра всех элементов для указания (нахождения) конкретного элемента, то для его модели характерно присутствие уже введенных всех элементов отношения в подсистеме хранения. Следовательно, в данном случае можно оперировать одними идентификаторами элементов.

На интерфейсе чтения отношения требуется иметь возможность произвольного обхода всех элементов отношения. Данную процедуру можно реализовывать на нескольких моделях интерфейса.

Одной из них может быть совокупность двух связанных списков, в одном из которых располагаются независимые члены отношения (первый множитель декартового произведения), а в другом – зависимые члены отношения. Отображение ассоциации между элементами из разных списков реализуется выделением второй части пары при выполнении операции указания первой части упорядоченной пары. Чтобы пояснить данную модель интерфейса чтения, приведем один из возможных сгенерированных интерфейсов (рис. 2).

Модель с двумя списками является универсальной для отображения отношения. Однако она во многих случаях неудобна для пользователя. Поэтому там, где это возможно, для повышения наглядности будет другая модель интерфейса чтения всех упорядоченных пар отношения.

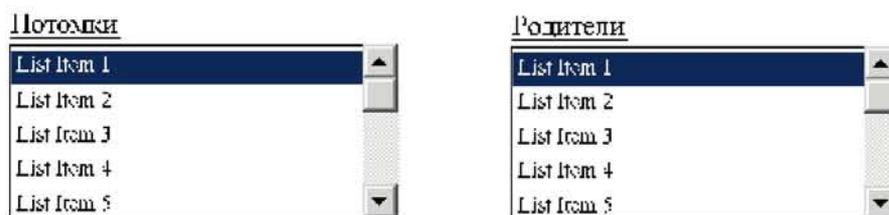


Рисунок 2 – Возможный вид сгенерированного интерфейса чтения

Поскольку процедура указания элемента отношения математически также эквивалентна процедуре обхода графа, то более удобной моделью для обхода пар будет структура не с произвольным доступом к элементам, а с доступом посредством родительских связей. Обход подразумевает перемещение от узла-родителя к одному из узлов-потомков. В процессе подобного обхода всегда будет выстраиваться иерархическая структура (дерево) из «пройденных» элементов области определения отношения.

При получении доступа к некоторому родителю пользователь в состоянии выбрать нужного ему потомка. Однако, если пользователю требуется получить доступ к этому же потомку, но прийти от другого родителя данного выбираемого объекта учета, обход следует начать заново от родителя. Таким образом, в каждый момент времени на интерфейсе будут присутствовать не все отношения, а только упорядоченная n-ка из предков текущего

элемента и его прямых потомков. Для пояснения данной модели интерфейса приведем один из возможных сгенерированных интерфейсов (рис. 3).

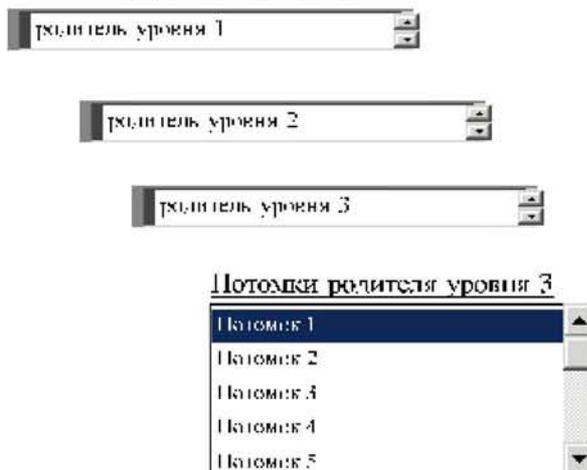


Рисунок 3 – Вид сгенерированного интерфейса чтения вида «дерево»

### АЛГЕБРАИЧЕСКИЙ ТИП ДАННЫХ, ОПИСЫВАЮЩИЙ МОДЕЛЬ ИНТЕРФЕЙСА ЧТЕНИЯ ВСЕХ ПАР В ОТНОШЕНИИ

Алгебраический тип данных «дерево предков» опишем следующими тремя терминами: Node (узел), Leaf (лист) и Empty (пустой элемент). В терминах алгебраических типов данных данное дерево имеет вид:

```
'T Tree =
  | Empty
  | Leaf of 'T
  | Node of 'T Tree * 'T Tree
```

Запишем функционально полученную часть модели интерфейса, отвечающую за доступ к элементам отношений. Дерево – это функция трех аргументов  $a$ ,  $b$  и  $c$ , которая в случае пустого элемента возвращает значение аргумента  $a$ , в случае листа – аргумента  $b$ , в случае узла – аргумента  $c$ . Причем аргумент  $a$  – это некоторая константа, характерная для пустого элемента (например, при вычислении родителя корневого элемента это будет 0). Аргумент  $b$  – унарная функция, принимающая на вход значение, хранящееся в листе дерева (в нашем случае – это идентификатор). И, наконец, аргумент  $c$  – это бинарная функция, принимающая на вход указатель на родителя узла.

Итак, полученная структура данных – это функция:

$$T \rightarrow (a \rightarrow T) \rightarrow (Tree\ a \rightarrow Tree\ a \rightarrow T) \rightarrow T,$$

где  $a$  – тип данных, хранящихся в листах дерева,

$T$  – тип результата, получаемого при обходе дерева.

Эта запись эквивалентна следующей:  $(Empty \rightarrow T) \rightarrow (Leaf \rightarrow T) \rightarrow (Node \rightarrow T) \rightarrow T$ .

### МОДЕЛЬ ИНТЕРФЕЙСА ЗАПИСИ

Интерфейс записи (создания или редактирования) принципиально отличается от интерфейса чтения тем, что позволяет работать не со всем отношением, а только с одной выбранной упорядоченной парой этого отношения. Работа с интерфейсом записи упорядоченной пары выглядит следующим образом: на интерфейсе редактирования требуется иметь возможность указать конкретный элемент множества области определения отношения, далее указать (либо создать) элемент множества области значений отношения и (возможно) создать ассоциацию между ними.

Находясь в интерфейсе чтения отношения, пользователь может осуществить переход на интерфейс записи элемента отношения. Таким образом, в системе мониторинга необходимо иметь возможность сгенерировать интерфейс записи упорядоченной пары одного из следующих видов. Опишем все возможные варианты блоков на интерфейсе записи упорядоченной пары каждого вида. Для пояснения обозначений элементов приведем в

качестве рассматриваемого примера упорядоченную пару со следующими обозначениями (рис. 4).

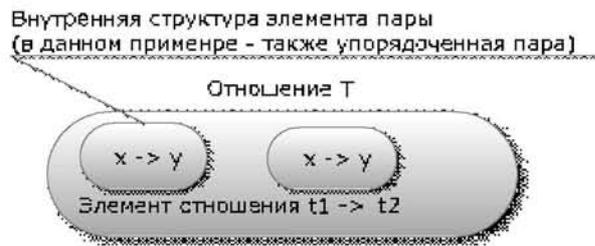


Рисунок 4 – Пример упорядоченной пары из произвольного отношения T

Блок, позволяющий указать родителя и осуществить переход на блок интерфейса записи потомка для задания ассоциации между ними. Примером такого интерфейса может служить создание нового дочернего элемента (в зависимости от отношения, с интерфейсом которого происходит работа, это может быть новый тип, новый экземпляр определенного типа объекта учета (ОУ) в иерархии экземпляров ОУ, новый показатель типа и т.д.). Схематично данный вид интерфейса можно представить так: `select t2, record t1, record t1 □ t2`.

2. Блок, позволяющий указать потомка и осуществить переход на блок интерфейса записи родителя для задания ассоциации между ними. Данный вид интерфейса не применяется, так как он противоречит модели хранения.

3. Блок, позволяющий указать родителя и осуществить переход на блок интерфейса записи родителя. Примером такого интерфейса может служить редактирование существующего экземпляра ОУ, который является не атомарным объектом, а представляет собой также упорядоченную пару. Схематично данный вид интерфейса можно представить так: `select t2, record t2`.

4. Блок, позволяющий указать потомка и осуществить переход на блок интерфейса записи потомка. Схематично данный вид интерфейса можно изобразить так: `select t1, record t1`. С точки зрения генерации данный вид интерфейса не отличается от предыдущего, поэтому в дальнейшем будем рассматривать один из двух видов.

5. Блок, позволяющий указать родителя, потомка и записать ассоциацию между родителем и потомком. Примером такого интерфейса может служить присоединение дополнительного родителя к существующему потомку. Схематично данный вид интерфейса можно записать так: `select t2, select t1, record t1 → t2`.

Таким образом, информационная модель интерфейса ввода будет содержать в себе 3 вида интерфейса записи элемента отношения:

- `select t2, record t1, record t1 → t2`.
- `select t2, record t2`.
- `select t2, select t1, record t1 → t2`.

В приведенных видах интерфейса записи упорядоченной пары присутствуют 3 блока, позволяющие осуществить 3 операции:

- указание элемента пары во всем отношении (множестве пар);
- запись (обновленного или созданного) элемента пары;
- запись ассоциации между элементами пары.

Формализуем представление интерфейса каждого из указанных блоков. Указание элемента пары во множестве пар эквивалентно указанию всей пары, так как доступ к элементу пары будет осуществлен в обоих случаях. Поэтому блок интерфейса записи пары определяется таким же образом, как и описанный выше интерфейс чтения всего отношения. Модель данного блока, как было сказано выше, представляет собой либо пару связанных списков, либо дерево с доступом к узлам через родительские связи.

$$Tree(A) = A + Tree(A) \times Tree(A)$$

$$leaf, node = constructors\ Tree(A)$$

$$element, left, right = selectors\ Tree(A)$$

$$Leaf, Node = parts\ Tree(A)$$

$isLeaf, isNode = predicates Tree(A)$

Однако указание существующего элемента может происходить с помощью разных моделей интерфейса чтения (обе модели были описаны выше). Например, при добавлении новой связи (ассоциации) в интерфейсе вида  $select\ t2, select\ t1, record\ t1 \rightarrow t2$  требуется указание обоих элементов упорядоченной пары из списка.

В терминах алгебраических типов данных данный список имеет вид:

'T List =  
 | Empty  
 | Node of 'T List \* A

Здесь  $A$  – произвольный тип данных, так называемая переменная типов, вместо которой в конкретных случаях можно подставлять любой необходимый тип. В нашем случае в переменной  $A$  – составной тип ОУ.

Записав функционально полученную часть модели интерфейса, отвечающую за редактирование связей элементов отношения, получим, что список элементов для связывания – это функция одного аргумента (описание представлено в нотации Хоара).

List(A) = NIL + (A × List(A))  
 nil, prefix = constructors List(A)  
 head, tail = selectors List(A)  
 NIL, nonNIL = parts List(A)  
 null, nonNull = predicates List(A)

### МЕТОДИКА ОТОБРАЖЕНИЯ МОДЕЛИ ХРАНЕНИЯ НА ИНФОРМАЦИОННУЮ МОДЕЛЬ ИНТЕРФЕЙСА

Резюмируем «классификацию» возможных генерируемых интерфейсов. Для каждого отношения необходимо иметь интерфейс чтения всего отношения, то есть возможность указывать на произвольный элемент данного отношения. Также для каждого отношения необходимо иметь возможность генерировать один из приведенных выше трех видов интерфейса записи. За операцию  $select$  отвечает интерфейс чтения, за операцию  $record$  – интерфейс записи. Из схем данных видов интерфейса ясно, что каждая из трех операций записи новой информации начинается с обхода существующих элементов отношения для указания некоторого элемента, в наших обозначениях  $t2$ , используемого как точка привязки новой создаваемой пары или как указание редактируемой пары. Следовательно, интерфейс чтения отношения логично включить в каждый из интерфейсов записи.

Далее представим методики построения информационной модели для каждого из трех видов интерфейса.

$select\ t2, record\ t1, record\ t1 \rightarrow t2.$

1 Генерирование блока интерфейса для реализации операции  $select$ .

1.1 Нахождение области определения отношения (Dom R).

1 Генерирование блока интерфейса для реализации операции  $select$ .

1.1 Нахождение области определения отношения (Dom R).

Поскольку в процессе создания и редактирования отношения на декартовом произведении множителей интерфейс может принимать любые точки из области определения и области значений, то необходимо определить ограничения возможных точек.

1.2 Нахождение области значений отношения (Val R).

Аналогично пункту 1, необходимо определить возможные значения связываемого элемента.

1.3 Если элемент Dom R –  $n$ -арное отношение (K) и элемент существует в модели хранения, то следует определить идентификатор Id K.

Если структура самих элементов множителей отношения  $aRb$ , содержащегося в модели, представляет собой  $n$ -арное отношение (K), следовательно, элементы множеств Dom R и Val R – также  $n$ -арные отношения и при этом элементы множеств Dom R и Val R уже присутствуют в модели хранения, то на интерфейсе нет смысла оперировать полными элементами. Однозначно указать на элемент можно с помощью атомарного значения. Для любого  $n$ -арного отношения существует его идентификатор Id K. Поэтому в некоторых

случаях, говоря о множителе отношения (например, о типе), достаточно использовать только его идентификатор (Id типа).

1.4 Если элемент Val R – n-арное отношение, то необходимо определение идентификатора Id K элемента множества Val R.

1.5 Если на множестве упорядоченных пар рассматриваемого отношения возможно построить связное дерево предков и потомков для каждого элемента, то следует перейти к построению модели интерфейса чтения типа «дерево». Если же невозможно построить связное дерево предков из элементов отношения, то следует переходить к реализации более универсального интерфейса чтения отношения, состоящего из двух списков.

2 Организация перехода пользователя на один из возможных блоков интерфейса записи.

3 Определение структуры данных для элементов Val R. На этапе генерации интерфейса для подэлементов полученной структуры данных будет генерироваться объединяющий блок, не несущий другого функционального значения, кроме группирования полей ввода или других элементов структуры элемента Val R. Каждый элемент данной структуры соответствует одному из полей данных в модели хранения, что позволяет осуществить запись измененного поля.

Методика отображения модели интерфейса для вида *select t2, record t2* представляет собой описанную выше методику, но не включающую запись ассоциации между элементами пары. Методика отображения модели интерфейса для вида *select t2, select t1, record t1 → t2* представляет собой описанную выше методику, но с отсутствующими пунктами 2, 3 и дополнительной операцией указания элемента (t1).

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1. Информационная модель интерфейса ввода является прямым отображением модели хранения и определяется теми математическими объектами, с помощью которых описываются объекты учета, их типы, показатели и прочие информационные сущности предметной области задачи мониторинга.

2. Интерфейс ввода является генерируемым интерфейсом, состоящим из нескольких блоков, позволяющих вводить и редактировать мониторинговую информацию, относящуюся к разным элементам системы.

3. Каждый блок имеет 2 вида интерфейса: интерфейс чтения, позволяющий получить доступ ко всем элементам отношения, которое отображает, и интерфейс записи для каждой упорядоченной пары отношения.

4. Для описания структур интерфейса ввода рационально использовать формальную теорию алгебраических типов данных.

5. Предложенная методика является основой для разработки алгоритмов генерации диалоговых интерфейсов ввода данных и их реализации в составе подсистемы сбора данных автоматизированной адаптивной системы административного мониторинга.

*Примечание:* данные исследования проводятся в рамках НИР «Исследование и разработка теоретических основ построения и функционирования распределенных адаптивных систем административного мониторинга» ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 - 2013 годы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кравцова Н.А., Фролов А.И. Место и функции адаптивной системы мониторинга в автоматизированной системе управления / Информационные технологии в науке, образовании и производстве. ИТНОП-2010: материалы IV-й Международной научно-технической конференции, 2010. – Т. 2. – С. 71-75.
2. Кравцова Н.А. Вопросы хранения информации при построении адаптивных систем административного мониторинга / Н.А. Кравцова, А.И. Фролов, И.С. Константинов // Труды Всероссийской научно-методической конференции «Телематика-2010», 2010. – Т. 1. – С. 148-150.

3. Кравцова Н.А., Фролов А.И. Методика организации процессов сбора, хранения и обработки данных в автоматизированной адаптивной системе административного мониторинга / Сборник трудов X Всероссийской научной конференции молодых ученых «Наука. Технологии. Инновации». – Новосибирск: НГТУ, 2010. – В 4-х частях. – Ч. 1. – С. 139-141.
4. Константинов И.С. Модель хранения данных в адаптивной автоматизированной системе административного мониторинга / И.С. Константинов, А.И. Фролов, Н.А. Кравцова // Информационные системы и технологии. – Орел: ОрелГТУ, 2010. – № 4(60). – С. 66-73.

**Фролов Алексей Иванович**

ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел  
Кандидат технических наук, доцент,  
директор ресурсного центра информатизации образования  
Тел.: (4862) 43-56-11  
E-mail: aifrolov@ostu.ru

**Кравцова Надежда Алексеевна**

ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел  
Программист отдела web-технологий и информационной поддержки  
ресурсного центра информатизации образования  
Тел.: (4862) 40-96-14  
E-mail: x4x@bk.ru

---

A.I. FROLOV, N.A. KRAVTSOVA

**FORMALIZATION OF THE PROCESS OF INPUT DATA DIALOGUE INTERFACES  
GENERATION IN AUTOMATED ADAPTIVE SYSTEM OF ADMINISTRATIVE  
MONITORING**

*The questions of the automation of dialogue input interfaces make process in automated adaptive system of administrative monitoring are considered in this paper. With the use of algebraic data type tools' device, the formalized model of the dialogue interface is built. The technique of model data storage structure display on interface model, which allows us to automate the initial text of interface form' process is suggested.*

**Keywords:** administrative monitoring; the formalization of the interface model, the method of mappings the data model into a model interface; data input interface.

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Kravcova N.A., Frolov A.I. Mesto i funkcii adaptivnoj sistemy' monitoringa v avtomatizirovannoj sisteme upravleniya / Informacionny'e tehnologii v nauke, obrazovanii i proizvodstve ITNOP-2010: materialy' IV-j Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii, 2010. – T. 2. – S. 71-75.
2. Kravcova N.A. Voprosy' xraneniya informacii pri postroenii adaptivny'x sistem administrativnogo monitoringa / N.A. Kravcova, A.I. Frolov, I.S. Konstantinov // Trudy' Vserossijskoj nauchno-metodicheskoj konferencii «Telematika-2010», 2010. – T. 1. – S. 148-150.
3. Kravcova N.A., Frolov A.I. Metodika organizacii processov sbora, xraneniya i obrabotki danny'x v avtomatizirovannoj adaptivnoj sisteme administrativnogo monitoringa / Sbornik trudov X Vserossijskoj nauchnoj konferencii molody'x uchyony'x «Наука. Технологии. Инновации». – Новосибирск: NGTU, 2010. – В 4-х частях. – Ч. 1. – С. 139-141.
4. Konstantinov I.S. Model' xraneniya danny'x v adaptivnoj avtomatizirovannoj sisteme administrativnogo monitoringa / I.S. Konstantinov, A.I. Frolov, N.A. Kravcova // Informacionny'e sistemy' i tehnologii. – Oryol: OryolGTU, 2010. – № 4(60). – С. 66-73.

В.М. КОМАРОВ, П.Е. ЕФИМОВА

**АЛГОРИТМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАКАЗОВ В СИСТЕМЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЕМ ОСНАСТКИ**

*В статье рассмотрены математическая модель и алгоритмы планирования заказов, поступающих в конструкторское бюро (КБ) проектирования оснастки в процессе технологической подготовки производства (ТПП). Разработанная модель позволяет эффективно организовать деятельность подразделения для достижения основной цели его функционирования – своевременного выпуска нового изделия.*

*Ключевые слова:* управление заказами; оперативное планирование; технологическая подготовка производства.

**ВВЕДЕНИЕ**

В рамках перехода к информационному обществу изменяется структура рынка информационных систем, которым постепенно передаются не только рутинные операции, но и функции, аналогичные функциям человеческого мышления. Необходимость создания новых классов систем способствовала развитию новых методов обработки данных, таких, как методология построения запросов к БД, OLAP-технологии, Data Mining. Согласно классификации В.А. Дюка [1], для этого используются алгоритмы на основе регрессионного, дисперсионного и корреляционного анализа, методы анализа в конкретной предметной области, нейросетевые алгоритмы, алгоритмы по методу «ближайшего соседа», кластерные модели, деревья решений, алгоритмы ограниченного перебора, эволюционное программирование. Данное направление исследований в настоящее время динамично развивается.

Указанные методы применяются преимущественно на верхнем уровне управления предприятием, который, в отличие от нижнего, исполнительского, отличается нестандартностью задач [2]. К основным причинам, тормозящим развитие автоматизированных систем на уровне управления, относят [3]:

- неполноту информации о состоянии и поведении сложных систем, к которым относят предприятия;
- принципиальное наличие человека как интеллектуальной подсистемы формирования и принятия решений в сложных системах управления, проблемы сочетания индивидуального поведения с коллективным;
- большую размерность задач вследствие необходимости учёта значительного числа переменных;
- слабую формализуемость и структурированность большинства процессов данного уровня (особенно творческих), их уникальность;
- стохастическую (а не детерминированную) связь между переменными либо отсутствие явно выраженной связи, недостаточную определённую ограниченностей, накладываемых на них;
- нечеткую формулировку целей, их многочисленность и противоречивость.

Однако развитие данных методов преимущественно ведется в финансовой и экономической сфере. Тем не менее, к верхнему уровню управления, согласно работе [2], должны быть отнесены и научно-исследовательские, конструкторские подразделения на основании нестандартного, плохо формализуемого характера выполняемых работ. Следовательно, разработка алгоритмов для подразделений указанного профиля с учётом их специфики является актуальной проблемой.

В настоящем исследовании рассматриваются алгоритмы планирования, применяемые в информационной системе управления заказами на оснастку в процессе технологической подготовки производства.

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАКАЗОВ НА ОСНАСТКУ

Достижение основной цели – выполнение заказов в плановые сроки – требует большой ориентированности системы на планирование и контроль исполнения плана. Для разработки системы первоначально была разработана базовая модель [4], включающая модули планирования (прогнозирования загрузки заказами), составления расписания, а также исполнения заказов и контроля над ним.

Модуль планирования во многом определяет эффективность функционирования целостной системы, в связи с этим данная работа посвящена именно ему.

Работа системы начинается с распределения фактически поступивших заказов по срокам. На основе разработанной математической модели может быть выстроен теоретический график ТПП.

При планировании с помощью операций над сущностями, определяемыми целями предприятия и сложившейся ситуацией («Цех» – «Операция» – «Срок» – «Изделие» – «Заказ»), осуществляется переход от конечной цели – создания изделия – к плану повышения технологической оснащённости, отображением которого является соотношение «Срок» – «Заказ».

Для описания процесса планирования, прежде всего, необходима матрица, отображающая планы повышения оснащённости изделий («Срок» – «Изделие»). Это связано с тем, что обеспечение потребной оснащённости к заданному сроку является основной целью успешного осуществления ТПП. Помимо этого, необходимы сведения о специализации цехов, представленной в сечении «Цех» – «Операция», применимости оснастки, заданной сочетанием сущностей «Операция» – «Оснастка», маршрутных технологиях изготовления изделий (расцеховке), отображаемых матрицей «Изделие» – «Цех», а также распределении оснастки по заказам («Оснастка» – «Заказ»). Итак, в процессе планирования в качестве исходных берутся следующие матрицы:

- $A$  («Срок» – «Изделие») – прирост оснащённости за период, определяемый планами предприятия по выпуску новых изделий;
- $B$  («Операция» – «Оснастка») – вероятность применения оснастки на операции, определяемая специализацией оснастки, опытом технологических бюро в её применении;
- $C$  («Цех» – «Операция») – доля операций данного типа в суммарной трудоёмкости работ цеха, определяемая специализацией цехов;
- $D$  («Изделие» – «Цех») – доля трудоёмкости работ цеха в трудоёмкости процесса изготовления изделия, определяемая расцеховкой изделий;
- $E$  («Оснастка» – «Заказ») – вероятность появления оснастки в заказе, определяемая решениями технологов.

Из анализа процесса следует, что не все произведения матриц имеют физический смысл, а лишь некоторые из них, а именно:

- $P$  («Изделие» – «Операция») – вероятность того, что при изготовлении изделия будет востребована данная операция:

$$P = D \cdot C; \quad (1)$$

- $Od$  («Изделие» – «Оснастка») – оснащённость изделия:

$$Od = P \cdot B = D \cdot C \cdot B; \quad (2)$$

- $Osc$  («Цех» – «Оснастка») – оснащённость цеха (потребность в оснастке цеха):

$$Osc = C \cdot B; \quad (3)$$

- $Pr$  («Срок» – «Оснастка») – прогнозная потребность в оснастке:

$$Pr = A \cdot Od = A \cdot D \cdot C \cdot B; \quad (4)$$

- $Z$  («Срок» – «Цех») – прогнозная загрузка цеха:

$$Z = A \cdot D; \quad (5)$$

- $Pre$  («Срок» – «Заказ») – прогнозное расписание заказов:

$$Pre = Pr \cdot E = Z \cdot Osc \cdot E = A \cdot B \cdot C \cdot D \cdot E$$

Расписание, полученное в виде матрицы  $Pre$ , является расписанием заказов, относящихся к графикам. В графиках, представляющих собой планы отдельных этапов повышения технологической оснащённости, «привязанных» к этапам создания изделия, объединено большинство заказов на технологическое оснащение. Однако встречаются и одиночные заказы, выпускаемые в случаях, если имеющаяся в цехе оснастка не удовлетворяет его потребности. Отклонения, являющиеся базой для прогнозирования одиночных заказов, выявляются при сопоставлении фактической (определяемой по данным бюро инструментального хозяйства) и требующейся (матрица  $Osc$ ) оснащённости цехов.

Планирование носит характерный для оперативных планов «скользящий» характер, то есть формируется предварительно на основе полученных из модели данных, затем при уточнении её на основе фактических данных уточняется и дополняется предварительным планом на следующий период.

В результате процесса планирования определяется коэффициент включения в работы периода. Равенство  $K=1$  означает, что заказ начат в данном периоде и обязательно должен быть завершён в нём. Для заказов, которые были начаты в прошлом периоде и обязательно должны быть завершены в текущем,  $K$  определяется как

$$K = 1 - \frac{M'_T}{M_T}, \tag{6}$$

где  $M'_T$  – выполненная трудоёмкость по заказу;

$M_T$  – полная трудоёмкость заказа.

В целом, для заказа, содержащего тип оснастки  $i$ ,  $K_i$  определяется формулой

$$K_i = \begin{cases} 0, pr_{ij} = 0; \\ 1 - (\max_i(pr_{ij}) - pr_{ij}), K_{i-1} = 0; \\ 1, pr_{ij} = \max_i(pr_{ij}) \wedge K_{i-1} = 0; \\ 1 - pr_{ij}, pr_{ij} = \max_i(pr_{ij}) \wedge K_{i-1} \neq 0; \end{cases} \tag{7}$$

При расчёте на практике  $K_i = 1$  может приниматься для периода, для которого  $pr_{ij}$  впервые превышает заданное критическое значение.

Таблица 1 – Определение характеристик заказов

элемент $A$	$a_{ij} / a_{ij}^{avg-i} > 1$	$0,7 < a_{ij} / a_{ij}^{avg-i} < 1$	$0 < a_{ij} / a_{ij}^{avg-i} < 0,7$
$K$			
$0,4 < K_i < 0,7$	Средней срочности, важные. Могут потребоваться в ближайшее время. Выполнить по возможности, при наличии резерва времени	Средней срочности, средней важности. Требуется проработка.	Средней срочности, небольшой важности. Могут быть выполнены для достижения объёмных показателей
$0 < K_i < 0,4$	Несрочные, важные. Требуется проработка, в настоящее время могут быть отложены.	Несрочные, средней важности. Могут быть выполнены для достижения объёмных показателей	Несрочные, небольшой важности. Могут быть выполнены для достижения объёмных показателей

Помимо собственно коэффициента включения в работу  $K_i$  учитывается принадлежность заказа к изделию, определяющая его значимость. Приоритетность изделий в

периоде определяется матрицей  $A$ . Прирост оснащённости для изделия, к которому относится заказ, сопоставляется со средним приростом для данного периода. В зависимости от указанных параметров заказы подразделяются на группы, сведённые в таблицу 1.

### АЛГОРИТМЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ЗАКАЗОВ НА ОСНАСТКУ

С использованием данных, приведённых в предыдущем разделе, может быть выстроен теоретический график ТПП. Реальная (текущая) ситуация может отличаться от предполагаемой. Причины отклонений сводятся к следующим:

- неверное указание типа оснастки в заказе (неверна матрица  $E$ );
- неточная информация о создании изделий (неверна матрица  $A$ );
- неправильный учёт расцеховки и маршрутных технологий изделий (неверна матрица  $D$ );
- неправильный учёт специализации цехов (неверна матрица  $C$ );
- неверная оценка применимости оснастки (неверна матрица  $B$ ).

Сопоставление прогнозных (рассчитанных на основе модели) и фактических данных осуществляется с помощью алгоритма, представленного на рисунке 1.

Если режим не является нормальным, то есть прогноз о поступлении заказов не оправдывается ( $\alpha < \alpha_{кр}$ , где  $\alpha$  – коэффициент корреляции фактического и прогнозного поступления,  $\alpha_{кр}$  определяется в зависимости от требуемого качества планирования), в операторе «Выяснение причин» рассчитываются промежуточные матрицы  $P$ ,  $Od$ ,  $Osc$ ,  $Z$  математической модели.

Элементы указанных матриц соответствуют показателям, имеющимся в отчётности. Сравнив рассчитанные на основе модели величины с фактически полученными данными, можно определить, какая из базовых матриц нуждается в корректировке, и, соответственно, повысить адекватность модели. Для каждой из промежуточных матриц выдаётся заключение «Верна-неверна». Алгоритм, описанный на рисунке 1, позволяет учитывать прошлый опыт и формулировать правила «при возникновении таких-то условий действовать определённым образом».

Пример правила вида «если-то»:

Если  $Pre$  неверна и  $Pr$  верна, то взять вместо текущей матрицы  $E$  показатели на основе выборки по близким заказам.

Проведённые изменения записываются в таблицу правил и могут быть использованы в дальнейшем в аналогичных ситуациях.

После проверки адекватности модели и фактического поступления заказов продолжается работа по планированию. Основной алгоритм планирования заказов и анализа загрузки периодов состоит из трёх основных этапов:

- предварительное определение периода, к которому относится заказ на основе матрицы  $Pre$ : плановым сроком для заказа  $j$  назначается период  $i$ , для которого значение  $pre_{ij}$  превышает установленное критическое;
- оценка критичности заказа и принятие управленческого решения. Для этого рассчитываются  $\Delta$  (срок от текущей даты) и критичность  $\Delta/t_{проект}$ ;
- проверка загрузки периодов и принятие решений по её выравниванию – сдвигу заказов с более загруженных периодов назад во времени в рамках горизонта планирования (в случае, если соотношение  $\Delta/t_{проект}$  позволяет выполнить этот сдвиг). При этом определяется показатель напряжённости периода – отношение суммарной трудоёмкости, запланированной на период, к фонду рабочего времени периода.

В зависимости от критичности заказа могут быть приняты следующие решения:

- при  $\Delta < t_{проект}$  рекомендация о сдвиге планового срока;
- при  $\Delta/t_{проект} = 1 \dots 1,5$  перестройка расписания с учётом первоочередного исполнения заказа;
- при  $\Delta/t_{проект} > 1,5$  назначение в плановом порядке.

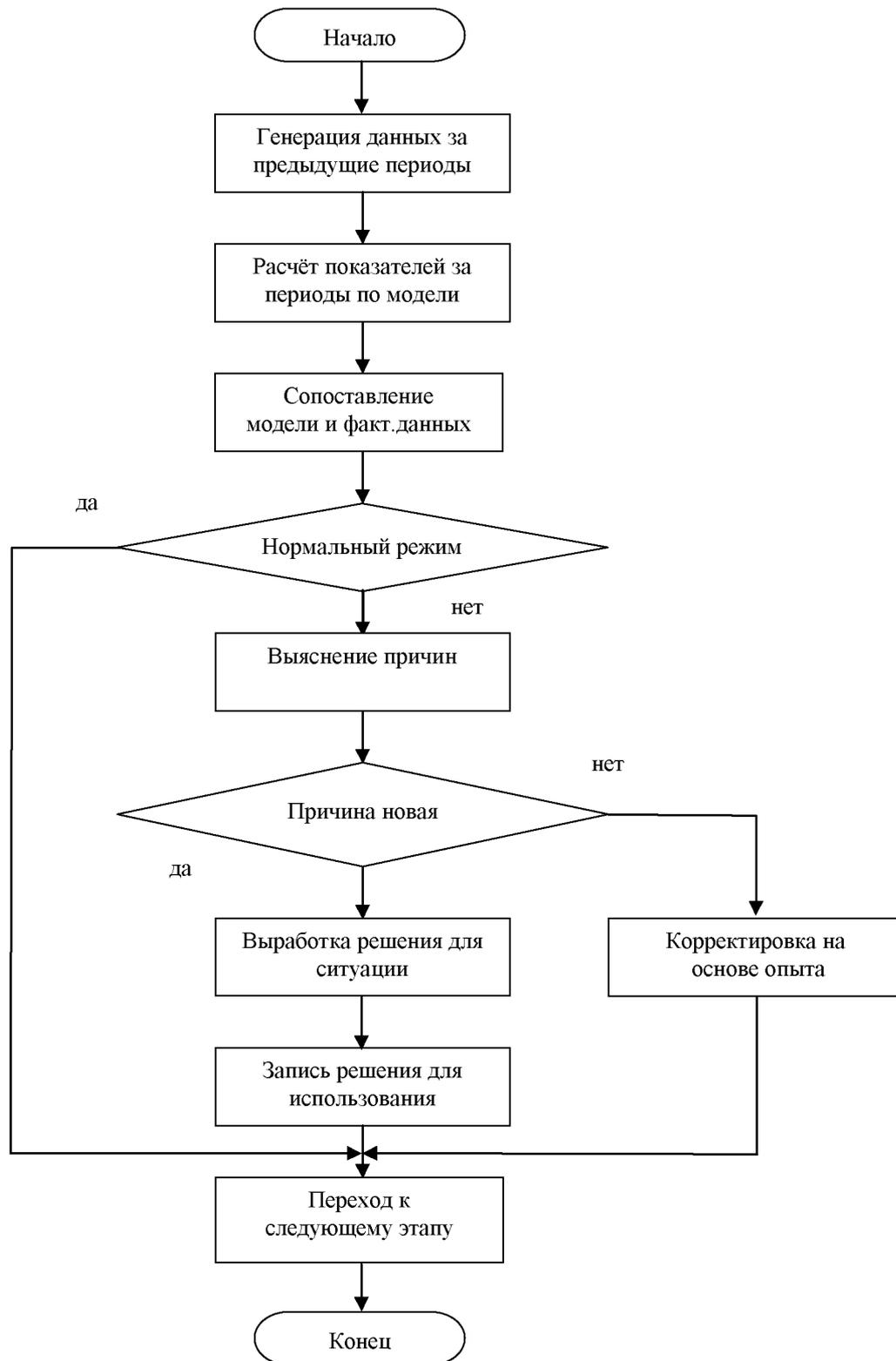


Рисунок 1 – Сопоставление теоретически рассчитанных и фактических показателей

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы алгоритма формируются отчёты: предварительное распределение заказов («Заказ» – «Срок» – «Критичность»), план по периодам («Период» – «Трудоёмкость» – «Напряженность»). Помимо этого, работой указанного алгоритма подготовлена одна из составляющих для начала распределения работ между исполнителями – трудоёмкость работ.

Разработанный модуль позволяет

- чётко учитывать приоритет работ;
- обоснованно назначать сроки выполнения заказов;
- планировать загрузку и повышать ритмичность и качество работ.

Через сокращение времени проектирования, повышение коэффициента ритмичности, снижение количества дополнительных работ, впоследствии влекущих переработку оснастки, оценивается эффект от создания системы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дюк В.А. Data Mining – интеллектуальный анализ данных [Электронный ресурс]. – URL: [http:// www.info-system.ru/article/ article.html](http://www.info-system.ru/article/article.html).
2. Карминский А.М., Черников Б.В. Информационные системы в экономике: в 2-х ч. – М.: Финансы и статистика, 2006. – Ч. 1: Методология создания. – 335 с.
3. Современные сложные системы управления [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.market-journal.com/voprosiupravleniya/103.html>, свободный.
4. Ефимова П.Е. Система управления потоками работ в конструкторском бюро проектирования оснастки. – Образование и наука в региональном развитии. – Материалы научно-практической конференции. – Часть 1. – Тутаев, 2008. – С. 141-149.

#### **Комаров Валерий Михайлович**

Рыбинская государственная авиационная технологическая академия  
имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск  
Кандидат технических наук, профессор, зав. кафедрой «Вычислительные системы»,  
научный руководитель  
Тел.: (4855) 21-97-16  
E-mail: [vs@rgata.ru](mailto:vs@rgata.ru)

#### **Ефимова Полина Евгеньевна**

Рыбинская государственная авиационная технологическая академия  
имени П.А. Соловьёва, г. Рыбинск  
Соискатель кафедры «Вычислительные системы», инженер-конструктор 2 категории  
ОАО «НПО «Сатурн»  
Тел.: (4855) 28-09-64  
E-mail: [poline\\_e@pisem.net](mailto:poline_e@pisem.net)

---

V.M. KOMAROV, P.E. EFIMOVA

#### **ORDER PLANNING ALGORITHMS OF DECISION MAKING SYSTEM WITHIN TOOL SET DESIGN MANAGEMENT**

*The article considers mathematical model and algorithms, that fulfils order planning in tool set design constructor department used within production technological preparation process. Worked out model allows to organize its work in order to reach its main purpose, that is to develop new product in time.*

**Keywords:** *order management; operative planning; production technological preparation.*

#### **BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Dyuk V.A. Data Mining – intellektuak'ny'j analiz danny'x [E'lektronny'j resurs]. Rezhim dostupa: [http:// www.info-system.ru/article/ article.html](http://www.info-system.ru/article/article.html)
2. Karminskij A.M., Chernikov B.V. Informacionny'e sistemy' v e'konomike: v 2-x ch. – M.: Finansy' i statistika, 2006. – Ch. 1: Metodologiya sozdaniya. – 335 s.
3. Sovremenny'e slozhny'e sistemy' upravleniya [E'lektronny'j resurs]. Rezhim dostupa: <http://www.market-journal.com/voprosiupravleniya/103.html>, svobodny'j.
4. Efimova P.E. Sistema upravleniya potokami rabot v konstruktorskom byuro proektirovaniya osnastki. – Obrazovanie i nauka v regional'nom razvitii. – Materialy' nauchno-prakticheskoy konferencii. – Chast' 1. – Tutaev, 2008. – S. 141-149.

УДК 519.876.5:551.345

Ю.М. ПОЛИЩУК, В.Ю. ПОЛИЩУК

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ  
ТЕРМОКАРСТА В ЗОНЕ МНОГОЛЕТНЕЙ МЕРЗЛОТЫ**

*Рассмотрены вопросы имитационного моделирования пространственно-временных изменений полей термокарстовых озер на территории многолетней мерзлоты. Разработанная имитационная модель основана на экспериментально установленных дистанционными методами свойствах реальных полей термокарстовых озер. Модель пространственно-временной структуры поля термокарстовых озер может быть использована для решения задач снижения аварийности на объектах инфраструктуры на территории многолетней мерзлоты, связанной с влиянием глобального потепления климата.*

**Ключевые слова:** вечная мерзлота; дистанционное зондирование; имитационное моделирование; термокарст.

**ВВЕДЕНИЕ**

Наблюдающийся в последние два-три десятилетия рост среднегодовой температуры [1] наиболее ощутимо проявляется на территории многолетней мерзлоты Западной Сибири, где располагается большинство газовых месторождений России и значительная часть месторождений нефти [2]. Потепление климата, вызывающее ускорение термокарстовых процессов, приводит к росту аварийности на трубопроводах и других сооружениях нефтегазового комплекса [3] из-за снижения прочности многолетнемерзлых пород, что сопровождается увеличением экономических и экологических ущербов на предприятиях нефтегазовой отрасли. Разработка мероприятий по снижению ущербов нефтегазодобывающих предприятий требует проведения исследований динамики термокарстовых процессов [3].

Вследствие значительной заболоченности и труднодоступности территории Западной Сибири изучение изменений термокарстовых процессов в зоне многолетней мерзлоты проводится с использованием данных дистанционного зондирования поверхности Земли. Однако из-за преобладания на северных территориях облачной погоды не удается сформировать коллекцию космических снимков, достаточную для проведения дистанционного мониторинга динамики термокарстовых озер. Поэтому, как показано в [4], необходимо использовать математическое моделирование полей термокарстовых озёр. При этом математическое моделирование позволяет изучать динамику термокарстовых озер на основе исследования временных изменений их свойств путем проведения компьютерных экспериментов [5] с их моделью, параметры которой определяются на основе экспериментальных данных.

Важным является вопрос выбора математической модели. Сложность полей термокарстовых озер как объектов моделирования вызывает необходимость использовать имитационное моделирование как универсальный метод исследования сложных природных объектов. Как известно [5], имитационное моделирование — это метод исследования, основанный на замене изучаемого объекта его моделью, которая с достаточной точностью описывает реальный объект и с которой проводятся компьютерные эксперименты с целью получения информации об изменении свойств этого объекта в условиях воздействий внешних факторов. В настоящей работе под имитационной моделью будем понимать математическую модель, воспроизводящую пространственно-временную структуру полей термокарстовых озер путем имитации формы, размеров и взаиморасположения озер и их временных изменений с учетом экспериментально установленных дистанционными методами статистических закономерностей изменений их свойств.

Методические вопросы дистанционных исследований динамики природных систем в науках о Земле рассмотрены в [6]. Вопросы имитационного моделирования динамики полей термокарстовых озёр, насколько нам известно, в литературе не рассматривались. В связи с

этим целью настоящей работы явилась разработка методических и алгоритмических вопросов имитационного моделирования пространственно-временной структуры полей термокарстовых озёр в условиях климатических изменений на территории многолетней мерзлоты.

### МЕТОДИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ДИСТАНЦИОННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ СТРУКТУРЫ ПОЛЕЙ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЁР

Экспериментальные исследования пространственно-временных свойств термокарстовых процессов проводились путём дистанционного зондирования поверхности Земли на 30 тестовых участках, выбранных в местах интенсивного термокарста в зоне многолетней мерзлоты Западной Сибири. Именно в этих местах под влиянием глобального потепления происходит потеря прочности многолетнемерзлых пород, приводящая к росту аварий на объектах инфраструктуры и на производственных сооружениях. Карта-схема расположения тестовых участков (ТУ), исследованных в нашей работе, дана в [4].

На каждом тестовом участке с помощью космических снимков земной поверхности определялись от нескольких сотен до нескольких тысяч термокарстовых озёр. При этом использованы снимки с космических аппаратов Landsat в период с 1973 по 2009 год и крупномасштабная карта 1953 года, построенная на основе материалов аэрофотосъемки. Измерение характеристик местоположения и площадей озёр проводилось на дешифрированных и векторизованных космических снимках средствами геоинформационных систем ENVI 4.4 и ArcGis 9.2.

Пространственные свойства полей термокарстовых озёр исследованы в [4]. Для изучения закономерностей случайного расположения озёр на территории отдельных тестовых участков был проведен анализ распределения координат центров озёр. С этой целью были построены гистограммы значений координат центров озёр.

Анализ гистограмм показал [4], что экспериментальные законы распределения координат центров озёр на плоскости соответствуют закону равномерной плотности согласно критерию  $\chi^2$  с вероятностью 95%. Расчет коэффициента корреляции между значениями географических широты и долготы местоположения озёр показал [4], что величина коэффициента корреляции, составляющая 0,03, позволяет сделать вывод о статистической независимости координат местоположения озёр на плоскости.

Проведенное в [4] исследование статистического распределения числа термокарстовых озёр по их площадям показало, что это распределение удовлетворяет экспоненциальному закону:

$$y = \alpha * e^{-\beta x}, \quad (1)$$

где  $\alpha$  и  $\beta$  – коэффициенты уравнения экспоненциальной аппроксимации. Как показал анализ полученных экспериментальных данных [4], коэффициенты  $\alpha$  и  $\beta$  для разных тестовых участков принимают в среднем близкие значения в интервалах 0,52- 1,11 и 0,50-0,87 соответственно.

Приведенные выше данные характеризуют пространственные свойства полей термокарстовых озёр. Для определения их временных изменений была исследована зависимость коэффициента  $\beta$  уравнения (1) от времени. Результаты этих исследований приведены в виде графика (рис. 1) временной зависимости  $\beta$ , проявляющей линейный тренд, описываемый уравнением:

$$\beta = A * t + B, \quad (2)$$

где  $A = 0,00189 \frac{1}{год}$ ,

$B = -3,112$ ,

$t$  – время (годы).

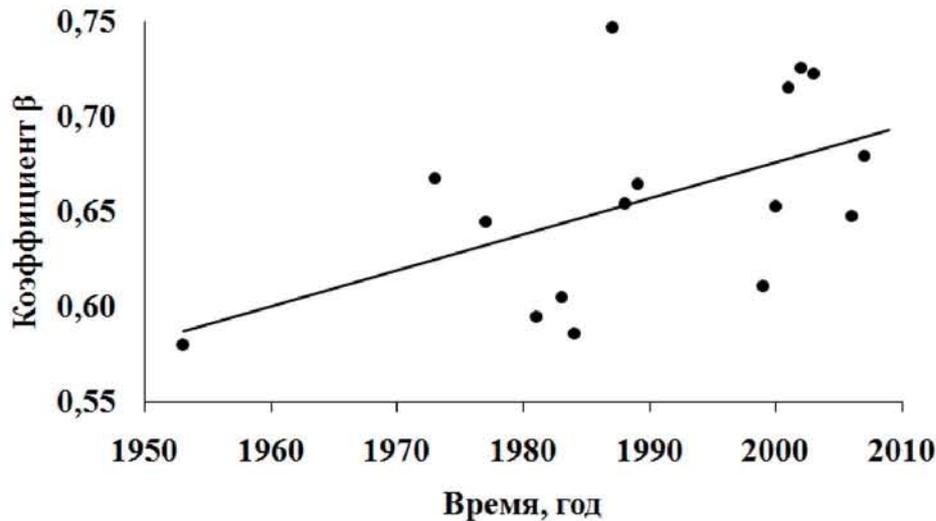


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента  $\beta$  от времени

### МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ДИНАМИКИ ТЕРМОКАРСТОВЫХ ОЗЁР

Введем в рассмотрение модель пространственно-временной структуры полей термокарстовых озёр в виде совокупности имитационных моделей, каждая из которых относится к определенному моменту времени:

$$M_{пв} = \{M_{п}(t_1), \dots, M_{п}(t_j), \dots, M_{п}(t_n)\},$$

где  $M_{п}(t_j)$  – имитационная модель пространственной структуры, относящаяся к  $t_j$ -му году,  $j = 1, \dots, n$ .

В качестве основных элементов описания модели должны быть определены характеристики, учитывающие форму озера, параметры их случайного расположения на плоскости и случайного распределения размеров озера, а также их зависимости от времени. На основе приведенных выше результатов экспериментальных исследований полей термокарстовых озера можно описать облик имитационной модели пространственно-временной динамики этих полей. В разрабатываемой модели, как и в модели пространственной структуры озёр [4], окружность может быть принята в качестве описания случайной формы отдельных озера. В соответствии с выше изложенным, модель пространственной структуры  $M_{п}(t_j)$ , предложенная в нашей работе [4], представляет собой совокупность окружностей, каждая из которых имитирует отдельное термокарстовое озеро. Для моделирования пространственно-временной структуры важным является учёт временной зависимости. Как следует из выше изложенного, ни форма, ни распределение центров не зависят от времени. Зависимость от времени проявляется только в изменении параметра закона распределения озёр по их размерам. Поэтому можно сформулировать следующие основные положения, определяющие существенные свойства модели пространственно-временной структуры полей термокарстовых озёр:

- 1) формы озера моделируются уравнением окружности с координатами центров, и площадью  $s_i$  (– номер озера);
- 2) случайное распределение каждой из координат центров окружностей задается законом равномерной плотности;
- 3) случайное распределение числа окружностей по их площадям определяется показательным законом распределения в виде (1);
- 4) временные изменения статистических свойств поля термокарстовых озера определяются зависимостью коэффициента от времени в виде уравнения линейного тренда (2).

Генерирование последовательности случайных чисел, определяющих характеристики местоположения центров окружностей, проводится с использованием датчика

псевдослучайных чисел, распределенных по закону равномерной плотности. Необходимо отметить, что для моделирования случайных размеров озёр, площади которых распределены по закону, соответствующему уравнению (1), удобно использовать генерирование последовательности случайных чисел, распределенных по показательному закону с использованием формулы [8]:

$$s_j = -\frac{1}{\beta} \ln z_j, \quad (3)$$

где  $z_j$  – числа с равномерным распределением в интервале (0,1),  $j = 1, \dots, m$ ;

$\beta$  – параметр уравнения (1), в котором принято допущение  $\beta \approx \alpha$  [8], основанное на указанной выше экспериментально установленной в среднем близости значений показателей. Значения показателя в (3) определяются в интервале ( $0 < \beta \leq 1$ ), что соответствует экспериментальным данным (рис. 1).

С учетом выше изложенных свойств модели разработан алгоритм моделирования временной динамики полей термокарстовых озер в следующем виде:

- шаг 1 - задаётся год моделирования  $t_j$ ,  $j = 1, \dots, m$ ;
- шаг 2 - задаются площадь ( $S_m$ ) исследуемого модельного участка (МУ) и величина плотности озёр ( $\delta_m$ ) на его территории;
- шаг 3 - определяется число окружностей на исследуемом МУ на основе указанных данных (плотность озёр, площадь МУ) по формуле:  $N_m = S_m * \delta_m$ ;
- шаг 4 - определяется коэффициент  $\beta$  по формуле (2) для заданного года моделирования;
- шаг 5 - генерируется псевдослучайное число, распределенное по равномерному закону;
- шаг 6 - с использованием числа, полученного на предыдущем шаге, рассчитывается по формуле (3) псевдослучайное число, характеризующее величину площади окружности;
- шаг 7 - генерируются два псевдослучайных числа, распределенных по равномерному закону, определяющих местоположение центра окружности на экране;
- шаг 8 - с использованием полученного на шаге 6 числа, определяющего площадь окружности, отображается окружность на экране;
- шаг 9 - если количество полученных окружностей меньше  $N_m$ , определенного на шаге 3, то повторяется алгоритм с шага 5, иначе алгоритм завершён.

Приведенный алгоритм, являющийся расширением алгоритма моделирования пространственной структуры поля озёр, представленного в [4], позволяет сформировать модель пространственной структуры для заданного момента времени  $M_{II}(t_j)$ , где  $j = 1, \dots, m$ . При необходимости получения совокупности таких моделей для определенного перечня моментов времени  $t_j$  алгоритм повторяется соответствующее число раз.

Отметим, что программная реализация алгоритма осуществлялась в среде Delphi7. При этом был использован генератор случайных чисел, распределенных по равномерному закону распределения, встроенный в среду разработки Delphi7.

### РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ

Для исследования адекватности разработанной модели пространственно-временной структуры полей термокарстовых озёр ниже описаны результаты разновременного моделирования на трёх модельных участках. Опишем условия моделирования для каждого из этих МУ.

1. Год моделирования – 1988, координаты центра МУ-1 – 65°12' в.д., 60°36' с.ш.; плотность озёр – 0,6; площадь МУ-1 – 2568 кв. км.
2. Год моделирования – 2007, координаты центра МУ-2 – 74°23' в.д., 62°03' с.ш.; плотность озёр – 2,34; площадь МУ-2 – 2521 кв. км.
3. Год моделирования – 2006, координаты центра МУ-3 – 75°59' в.д., 62°05' с.ш.; плотность озёр – 2,3; площадь МУ-3 – 2577 кв. км.

На рисунке 2 приведён для иллюстрации результат моделирования поля термокарстовых озёр в виде изображения модельного поля термокарстовых озёр на МУ-1 (1988 г.).

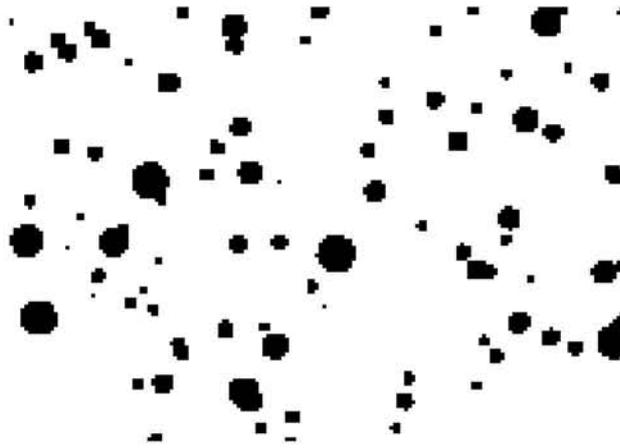


Рисунок 2 – Фрагмент модельного поля термокарстовых озёр на МУ-1

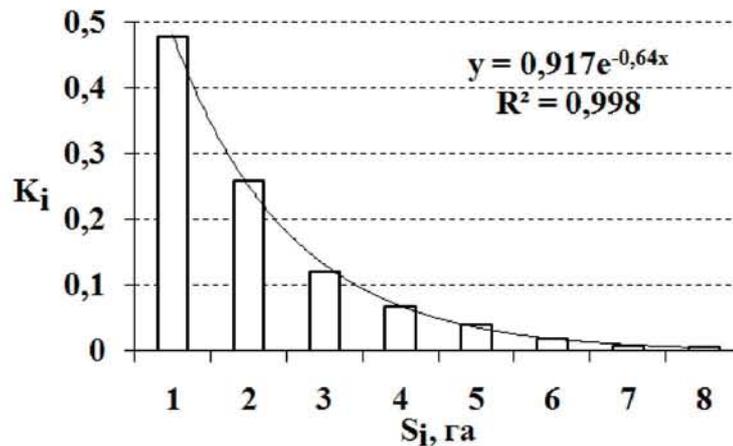


Рисунок 3 – Аппроксимация закона распределения озёр по результатам моделирования

В результате проверки по критерию Колмогорова соответствие модельного и экспериментального законов распределения выполняется на разных МУ в различные временные сроки со следующими вероятностями: МУ-1 – 0,5, МУ-2 – 0,5, МУ-3 – 0,8. Как видно из приведенных данных, проверка адекватности модели показала соответствие модельных и экспериментальных законов распределения на разных МУ по критерию Колмогорова с вероятностью 0,6 в среднем по трём МУ, что может служить подтверждением адекватности разработанной модели.

Проверка адекватности разработанной модели пространственно-временной структуры термокарстовых полей проводилась путем сравнения эмпирического и модельного законов распределения числа термокарстовых озёр по их площадям с использованием критерия Колмогорова. В качестве эмпирических использовались данные, полученные для реальных полей термокарстовых озёр на территориях ТУ, совпадающих по местоположению с модельными участками. На рисунке 3 для иллюстрации приведена гистограмма модельного распределения окружностей по их площадям, определенная по результатам моделирования на МУ-1. Здесь же дана аппроксимация гистограммы кривой экспоненциального вида (с достаточно высоким уровнем коэффициента детерминации  $R^2$ ).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В связи с дефицитом экспериментальных данных о динамике термокарстовых процессов на северных территориях Западной Сибири в условиях потепления климата в статье обоснована необходимость применения методов математического моделирования

пространственно-временной структуры полей термокарстовых озёр на территории многолетней мерзлоты. С учетом экспериментально установленных свойств реальных полей термокарстовых озер разработана имитационная модель их пространственно-временной структуры, представляющая собой совокупность окружностей, координаты центров которых являются случайными величинами с равномерным законом распределения, а случайные значения их площадей распределены по показательному закону, параметр которого является функцией времени. Проведенное сравнение результатов одновременного моделирования с экспериментальными данными путем сопоставления законов распределения озёр по их размерам по критерию Колмогорова подтвердило адекватность модели.

Разработанная модель пространственно-временной структуры поля термокарстовых озер может быть использована для исследования динамики термокарстовых процессов с целью решения задач снижения аварийности на объектах инфраструктуры на территории многолетней мерзлоты, связанной с влиянием глобального потепления климата.

*Работа выполнена в рамках Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» (Госконтракт № 14.740.11.0409 от 20.09.10 по заказу Минобрнауки РФ) и поддержана грантом РФФИ (российско-французский проект 08-05-92496-НЦНИЛ\_a).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брыксина Н.А., Полищук В.Ю., Полищук Ю.М. Изучение взаимосвязи изменений климатических и термокарстовых процессов в зонах сплошной и прерывистой мерзлоты Западной Сибири / Вестник ЮГУ, 2009. – №3. – С. 3-12.
2. Полищук Ю.М., Яценко И.Г. Сравнительный анализ химического состава нефтей России на территории вечной мерзлоты и вне ее / Криосфера Земли, 2007. – Т. 11. – № 1. – С. 45-51.
3. Samsonov R., Lesnykh V., Polishchuk Yu., Bryksina N. The climate change impact on thermokarst in West-Siberian territory and geological risks in gas industry / Proc. of 14th annual conference of TIEMS (June 5-8, 2007, Split, Croatia). – Split: TIEMS, 2007. – P. 212- 216.
4. Полищук Ю.М., Полищук В.Ю. Имитационное моделирование полей термокарстовых озёр на территории многолетней мерзлоты / Информационные системы и технологии. – №1(63), 2011. – С. 53-60.
5. Полищук Ю.М. Имитационно-лингвистическое моделирование систем с природными компонентами. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд-е, 1992. – 292 с.
6. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И. Аэрокосмические исследования динамики географических явлений / Изд-во моск. ун-та, 1991. – 206 с.
7. Полищук Ю.М., Брыксина Н.А., Полищук В.Ю., Шаронов Д.С. Дистанционный мониторинг динамики термокарстовых озёр в Западной Сибири / Контроль окружающей среды и климата «КОСК-2010»: материалы 7-го Всерос. симп., Томск, 5-7 июля 2010 г. // Под ред. М.В. Кабанова, А.А. Тихомирова. – Томск: Аграф-Пресс, 2010. – С. 154-156.
8. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем / М.: Изд-во «Наука», 1968. – 356 с.

**Полищук Юрий Михайлович**

Югорский государственный университет, г. Ханты-Мансийск

Доктор физико-математических наук, профессор

Тел.: 8(3467)35-76-69

E-mail: [Yu\\_Polishchuk@ugrasu.ru](mailto:Yu_Polishchuk@ugrasu.ru)

Институт химии нефти СО РАН, г.н.с., г. Томск

E-mail: [yuri@ipc.tsc.ru](mailto:yuri@ipc.tsc.ru)

**Полищук Владимир Юрьевич**

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, г. Томск

Аспирант

Тел.: 8 962 782 72 71

E-mail: [liquid\\_metal@mail.ru](mailto:liquid_metal@mail.ru)

Y.M. POLISHCHUK, V.Y. POLISHCHUK

**MODELING OF SPATIAL-TEMPORAL DYNAMICS OF THERMOKARST  
IN PERMAFROST ZONE**

*The problems of simulation modeling of spatial-temporal changes of the thermokarst lakes fields in the permafrost were considered. Developed a simulation model based on properties of real fields of thermokarst lakes experimentally determined by remote sensing. Model of spatial-temporal structure of the thermokarst lakes fields can be used for solving the problems of reducing accidents at the facilities infrastructure in the permafrost zone, associated with the global warming effect.*

**Keywords:** permafrost; remote sensing; simulation modeling; thermokarst.

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Bry'ksina N.A., Polishhuk V.Yu., Polishhuk Yu.M. Izuchenie vzaimosvyazi izmenenij klimaticheskix i termokarstovy'x processov v zonax sploshnoj i prery'vistoj merzloty' Zapadnoj Sibiri / Vestnik YUGU, 2009. – №3. – S. 3-12.
2. Polishhuk Yu.M., Yashhenko I.G. Sravnitel'ny'j analiz ximicheskogo sostava neftej Rossii na territorii vechnoj merzloty' i vne eyo / Kriosfera zemli, 2007. – Т. 11. – №1. – S. 45-51.
3. Samsonov R., Lesnykh V., Polishchuk Yu., Bryksina N. The climate change impact on thermokarst in West-Siberian territory and geological risks in gas industry / Proc. of 14th annual conference of TIEMS (June 5-8, 2007, Split, Croatia). – Split: TIEMS, 2007. – P. 212- 216.
4. Polishhuk Yu.M., Polishhuk V.Yu. Imitacionnoe modelirovanie polej termokarstovy'x ozyor na territorii mnogoletnej merzloty' / Informacionny'e sistemy' i texnologii, №1(63), 2011. – S. 53-60.
5. Polishhuk Yu.M. Imitacionno-lingvisticheskoe modelirovanie sistem s prirodny'mi komponentami. – Novosibirsk: Nauka. Sib. otd-e, 1992. – 292 s.
6. Knizhnikov Yu.F., Kravcova V.I. Ae'rokosmicheskie issledovaniya dinamiki geograficheskix yavlenij / Izd-vo mosk. un-ta, 1991. – 206 s.
7. Polishhuk Yu.M., Bry'ksina N.A., Polishhuk V.Yu., Sharonov D.S. Distancionny'j monitoring dinamiki termokarstovy'x ozyor v Zapadnoj Sibiri / Kontrol' okruzhayushhej sredy' i klimata «KOSK-2010»: materialy' 7-go Vseros. simp., Tomsk, 5-7 iyulya 2010 g. // Pod red. M.V. Kabanova, A.A. Tixomirova. – Tomsk: Agraf-Press, 2010. – S. 154-156.
8. Buslenko N.P. Modelirovanie slozhny'x system / M.: Izd-vo «Nauka», 1968. – 356 s.

**XIII International Conference «Cognitive Modeling in Linguistics-2011»  
(CML-2011)**

**Corfu, Greece, September, 22-29, 2011**

**XIII Международная конференция  
«Когнитивное моделирование в лингвистике»**

**Время проведения:** 22-29 сентября, 2011

**Место проведения:** Греция, Корфу, Отель Dassia Chandris 4\*

**Контактная информация:**

**[cml2011@mail.ru](mailto:cml2011@mail.ru)**

**Председатель оргкомитета:** Поляков Владимир Николаевич

**Сайт конференции:** **[www.cml.msisa.ru](http://www.cml.msisa.ru)**

УДК 004.045; 004.652.4; 004.652.5

О.В. АМЕЛИНА

### ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И АРХИТЕКТУРА ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

*Проектирование программного обеспечения, позволяющего объединять объектно-ориентированные бизнес-системы и реляционные базы данных (или базы данных других моделей), является актуальной задачей. Объектно-ориентированная и реляционная парадигмы в корне различны. Статья посвящена анализу возможностей и вариантов построения информационных систем с использованием указанных технологий, а также анализу требований к таким системам.*

*Ключевые слова:* объектно-ориентированные технологии; реляционные базы данных; информационные системы.

Современные большие информационные системы имеют многослойную архитектуру, которая, как правило, включает подсистему управления интерфейсом пользователя, модели объектов предметной области, составляющие ядро системы, а также слой, позволяющий сохранять данные и управлять ими (рис. 1).

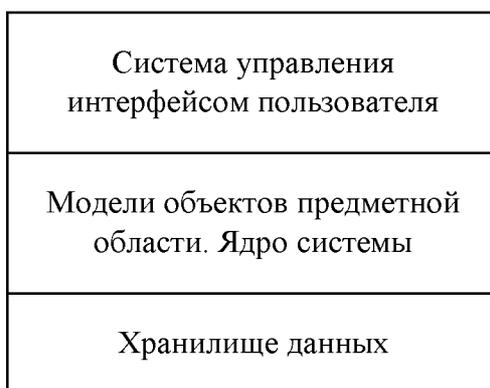


Рисунок 1 – Архитектура больших информационных систем

Применение программных объектов для моделирования объектов реального мира повышает уровень абстракции программных систем, вследствие чего появилась возможность использовать их в областях, которые ранее считались трудными для моделирования. Это однозначное соответствие, а также применение специальных механизмов – инкапсуляции, полиморфизма, наследования и других позволяет говорить о таких преимуществах объектно-ориентированных программных систем, как надежность, повторное использование, гибкость.

В случае если для реализации информационной системы предполагается использовать чисто объектно-ориентированные технологии, необходимо решить, какую стратегию реализации базы данных выбрать. На сегодняшний день существует достаточно много возможностей [1], остановимся на следующих основных:

- 1) объектно-ориентированная СУБД;
- 2) реляционная СУБД и слой объектно-реляционного отображения между СУБД и приложениями;
- 3) реляционная (или другая) СУБД, доступ к данным которой осуществляется при помощи манипулирования стандартными классами, реализованными в среде программирования (например, компонент TDataSet в Object Pascal для доступа к таблицам базы данных).

Возможные варианты построения слоя доступа к базе данных представлены на рисунке 2.

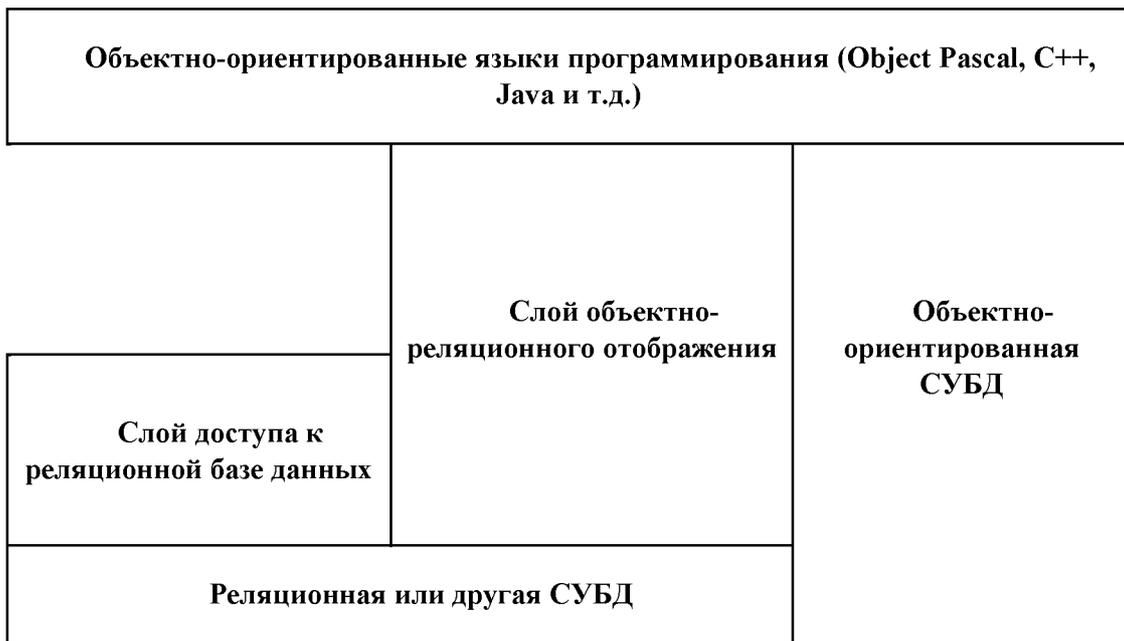


Рисунок 2 – Варианты построения слоя доступа к базе данных

### ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ СУБД

Объектно-ориентированные СУБД (ООСУБД) становятся коммерческими только в последние годы. Одной из причин такого значительного интереса к ним является то, что существующие реляционные, сетевые и иерархические СУБД не достаточно удобны для применения в таких областях, как автоматизация разработки программного обеспечения (CASE-системы), системы автоматизированного проектирования, системы автоматизации производства (CAD/CAM системы) и некоторых других.

Не существует единого взгляда на то, из чего должна состоять объектно-ориентированная СУБД, но большинство известных коммерческих продуктов и исследовательских прототипов разрабатываются в соответствии с принципами, провозглашенными в манифесте объектно-ориентированных баз данных [2]. К этим принципам относятся поддержка сложных объектов (complex objects), идентификации объектов (object identity), инкапсуляции (encapsulation), типизации и классификации (types and classes), переопределения (override), перегрузки (overloading) и позднего связывания (late binding), полноты манипулирования (computational completeness), расширяемости (extensibility), сохранения (persistence), использования вторичных хранилищ (secondary storage management), обеспечения совместного параллельного доступа (concurrency), возможностей восстановления (recovery), реализации динамических запросов (ad hoc query facility).

### МОДЕЛЬ ДАННЫХ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ СУБД

Модель данных, используемая в объектно-ориентированных базах данных, очень похожа на модели, применяемые в других объектно-ориентированных системах [3]. Различия между языками программирования и базами данных заключаются в акцентах для различных аспектов модели данных. Вообще говоря, объектно-ориентированные базы данных должны иметь более строгие ограничения целостности, чем объектно-ориентированные языки программирования (ООЯП), так как в базах данных хранятся сведения о реальном мире, и их целостность не всегда может быть гарантирована.

Назовем ключевые аспекты модели данных, используемой в ООСУБД.

*Ссылочная целостность.* Ссылки на объекты могут храниться в системе, а также объекты могут ссылаться друг на друга, поэтому каждый объект должен как-то отличаться от остальных, при этом для указания индивидуальности объекта не следует использовать

значение какого-либо атрибута объекта. Для реализации характеристики индивидуальности объекта, учитывая, что эта характеристика не должна меняться при существовании объекта в оперативной памяти или на диске, используется идентификатор объекта (OID) или уникальный идентификатор (UID).

*Классы и экземпляры.* В отличие от ООЯП, в ООСУБД существует необходимость создавать коллекции экземпляров определенных классов. Соответственно многие запросы к базе данных будут иметь следующую форму «Найти все экземпляры класса «Сотрудник», чей возраст больше 30 лет». По этой причине классы в ООСУБД могут использоваться для ссылок на свои объекты, тогда как в ООЯП это не часто встречается.

*Атрибуты и значения.* Главная задача ООСУБД – хранение информации, такая информация обычно ассоциируется с атрибутом (например, возраст – 10). Во многих ООЯП, в SmallTalk-80, например, для достижения жесткой инкапсуляции, методы доступа могут быть определены для каждой экземплярной переменной. В ООСУБД обычно атрибуты рассматриваются как часть интерфейса объекта.

*Домены.* Атрибуты (локальные переменные или слоты) в некоторых ООЯП, таких как CLOS и Smalltalk-80, должны быть не только предопределенного типа. Одна из обязанностей любой СУБД – гарантировать целостность данных и, следовательно, такое ограничение на типы значений обычно имеется в ООСУБД.

*Ограничения и триггеры.* Хотя они не широко реализованы в ООСУБД, ограничения и триггеры – это полезное расширение базовой объектно-ориентированной модели данных. Ограничения – это способ расширить спецификацию домена, в отличие от простой декларации типа. Это влечет за собой накладные расходы, так же, как и проверка типов.

*Метаклассы.* В объектно-ориентированной модели данных предполагается, что классы, так же, как и экземпляры, тоже объекты. Создание экземпляра класса влечет посылку сообщения классу. Создание нового класса завершается посылкой сообщения метаклассу. Этот метакласс отвечает за изменение определения класса. Так как метакласс – тоже объект, должен существовать некоторый более высокий уровень, ответственный за создание метаклассов. На практике большинство ООСУБД метаклассы полностью не поддерживает. Обеспечение некоторых метаклассов, для которых создаются классы, – это мощное средство, так как оно позволяет эффективно осуществлять доступ к реализации базы данных.

*Классы ядра.* Большинство ООСУБД обеспечивают классы ядра, включающие метаклассы, а также другие классы, чтобы пользователь мог их использовать напрямую для своих собственных потребностей.

## ОБЪЕКТНО-РЕЛЯЦИОННОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ

Термин «отображение» будем использовать для определения того, как свойства объектов и их взаимосвязи проецируются на таблицы и связи между ними в базе данных. Рассмотрим основные возможности для такого проецирования.

**Отображение свойств.** Свойство объекта – это либо физический атрибут (например, Name – строка символов для хранения имени объекта), либо виртуальный, реализованный через операцию (например, Redraw, которая перерисовывает объект). Атрибуты указываются в столбцах реляционной таблицы, при этом необходимо помнить, что не все атрибуты объекта требуется хранить, некоторые из них вычисляются приложением. Объект может иметь атрибуты, которые в свою очередь также являются объектами, эта ассоциация между двумя классами также должна быть отражена в базе данных. В результате получаем рекурсивное определение – атрибут может быть отображен на ноль или более столбцов.

**Отображение классов.** Вообще говоря, классы отображаются на таблицы, но не всегда напрямую. Отображение один к одному возможно только для очень простых баз данных. Для того чтобы сохранить объект в реляционной базе данных, кроме знания обычных доменов данных, необходимо обладать еще некоторой информацией. Это,

например, информация о первичном ключе, особенно если используется суррогатный ключ, не имеющий реального значения в предметной области, информация о полях со счетчиками, о номерах версий и т.п. Эта метainформация не обязательно должна быть реализована в объектах предметной области. Информация о первичном ключе может храниться в специальных классах – объект ссылается на соответствующий объект первичного ключа (Enterprise JavaBeans), или как в подходе Java Data Object – метainформация реализуется в специальных объектах, отдельно от объектов предметной области.

**Отображение структур наследования.** Реляционные базы данных не поддерживают наследования, поэтому приходится проецировать структуры наследования в схеме объектов на схему данных. Существуют следующие подходы для реализации такого отображения [4, 5, 6]:

1) Отображение всей иерархии классов на одну таблицу. Все атрибуты иерархии классов помещаются в одну таблицу, туда же добавляется еще один атрибут, куда записывается тип объекта (тип подкласса иерархии). Это простой метод, но он может перестать работать с ростом числа подклассов, так как возрастает число комбинаций для обозначений типов объектов.

2) Отображение каждого конкретного класса на свою собственную таблицу. Каждая таблица включает как новые атрибуты своего класса, так и унаследованные от предков атрибуты. Таблицы для абстрактных классов не создаются.

3) Отображение новых атрибутов каждого подкласса в свою собственную таблицу. В результате данные одного класса могут содержаться в одной, двух или более таблицах. Для доступа к данным классам необходимо соединить таблицы, или отдельно читать информацию из каждой таблицы.

4) Отображение информации о классе на несколько таблиц. Таблица Класс содержит информацию о классах (поля – идентификатор класса и имя класса); таблица Атрибуты содержит информацию об атрибутах (поля – идентификаторы атрибутов, имена атрибутов и поля для связи с таблицами Класс и Типы Атрибутов – в ней перечислены используемые типы атрибутов); в таблице Значение хранятся значения атрибутов, представленных своими идентификаторами, и идентификатором объекта; таблица Наследование предназначена для отображения наследования, в ней для каждой иерархии указан список классов – одна строка в таблице на каждый уровень иерархии.

Приведенные стратегии отображения могут успешно применяться и в случае множественного наследования, то есть когда класс имеет более одного предка, хотя большинство объектно-ориентированных языков не поддерживают данный вид наследования.

**Отображение связей между объектами.** Связи в объектной схеме реализуются при помощи комбинации ссылок на объекты и операций. Когда кардинальность связи равна единице (0..1 или 1), связь реализуется ссылкой на объект и операциями установки и получения значений (setter и getter). Когда кардинальность определена как «много» (N, 0..∞, 1..∞), связь реализуется через коллекцию атрибутов, например, через массив или множество, и через операции, позволяющие манипулировать ими. Связи в реляционной базе данных реализуются через использование внешних ключей. Следующая стратегия может значительно облегчить процесс объектно-реляционного отображения. Во-первых, необходимо предпочитать создавать ключи, состоящие из одного атрибута, и, во-вторых, лучше использовать суррогатные ключи, что всегда обеспечит совместимость типов ключевых атрибутов.

Рассмотрим связь один к одному между объектами Сотрудник и Должность (сотрудник занимает одну должность или должность занята одним сотрудником). Рассмотрим логику извлечения объекта из базы с использованием связей, направление связи будет от Должности к Сотруднику:

- 1) объект Должность читается в память, сбрасывает связь «занята»;
- 2) значение атрибута Идентификатор Сотрудника таблицы Должность используется для того, чтобы определить единственного сотрудника и извлечь его в память;
- 3) в таблице Сотрудник ищется запись, у которой значение атрибута Идентификатор Сотрудника совпадает с ранее найденным;
- 4) если соответствующая запись находится, в памяти создается экземпляр объекта Сотрудник;
- 5) значение атрибута Должность в таблице Сотрудник приравнивается ссылке на объект Должность.

Далее рассмотрим, как объекты будут сохранены в базе данных. Так как связь между объектами поддерживается автоматически на основе ссылочной целостности, начинает выполняться транзакция. Далее для каждого объекта, участвующего в транзакции, выполняется оператор модификации данных (update). Каждый такой оператор включает модификацию атрибутов объектов предметной области и модификацию ключевых атрибутов. Так как связь реализована через внешние ключи, и эти ключи обновлены, связь сохраняется в базе данных, результаты транзакции фиксируются.

Аналогичные рассуждения можно привести для других типов связей – один ко многим, многие ко многим, рекурсивные связи и др., хотя реализация каждого вида связи будет иметь свои особенности. Необходимо отметить, что реализация отображения других механизмов и возможностей объектно-ориентированных языков программирования – полиморфизма, атрибутов класса и т.д. также требует рассмотрения.

В заключение можно сказать, что рассмотренные методы построения информационных систем, в том числе на основе объектно-реляционного отображения свойств, классов, иерархий, связей в схемах данных дают большое разнообразие возможностей и приводят к значительным различиям в организации многослойной архитектуры информационных систем. Выбор наиболее эффективного, гибкого и адаптируемого решения зависит от конкретных условий и требует серьезного анализа.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. W. Keller. Object/Relational Access Layers. A Roadmap, Missing Links and More Patterns. // Proceedings of the 3rd European Conference on Pattern Languages of Programming and Computing (EuroPLoP), 1998, <http://www.objectarchitects.de/>.
2. Atkinson, M., F. Bancilhon, D. DeWitt, K. Dittrich, D. Maier and S. Zdonik, «The Object-Oriented Database System Manifesto», Proceedings of First International Conference on Deductive and Object-Oriented Databases, Kyoto, Japan. 1989.
3. Simon Monk B.Sc. Model for Schema Evolution in Object-Oriented Database Systems. Submitted for the Degree of Ph.D., February 1993, Computing Department, Lancaster University.
4. W. Keller. Mapping Objects to Tables. A Pattern Language. Proceedings of the 2nd European Conference on Pattern Languages of Programming and Computing (EuroPLoP), 1997, <http://www.objectarchitects.de/>.
5. Scott W. Ambler. Mapping Objects to Relational Databases: O/R Mapping in Detail. <http://www.agiledata.org/>: Techniques for Successful Evolutionary/ Agile Database Development.
6. В.А. Семенов, С.В. Морозов, С.А. Порох. Стратегии объектно-реляционного отображения на основе паттернов. Грант РФФИ (04-01-00527).

**Амелина Ольга Викторовна**

ФГОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел

Кандидат экономических наук, доцент кафедры «Информационные системы»

Тел.: 8 909 229 88 00

E-mail: [shu-shu-0a@yandex.ru](mailto:shu-shu-0a@yandex.ru)

O.V. AMELINA

**OBJECT-ORIENTED TECHNOLOGIES AND INFORMATION SYSTEMS  
ARCHITECTURE**

*Designing software, that combines object-oriented busyness systems with relational Data Base systems (or Data Base of others models), is an actual task. The article is devoted to analyze of possibilities and variants of building information systems with using that technologies, and to analyze of requirements for such systems.*

**Keywords:** *object-oriented busyness systems; relational data base systems; designing software.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. W. Keller. Object/Relational Access Layers. A Roadmap, Missing Links and More Patterns. // Proceedings of the 3rd European Conference on Pattern Languages of Programming and Computing (EuroPLoP), 1998, <http://www.objectarchtitacts.de/>.
2. Atkinson, M., F. Bancilhon, D. DeWitt, K. Dittrich, D. Maier and S. Zdonik, «The Object-Oriented Database System Manifesto», Proceedings of First International Conference on Deductive and Object-Oriented Databases, Kyoto, Japan. 1989.
3. Simon Monk B.Sc. Model for Schema Evolution in Object-Oriented Database Systems. Submitted for the Degree of Ph.D., February 1993, Computing Department, Lancaster University.
4. W. Keller. Mapping Objects to Tables. A Pattern Language. Proceedings of the 2nd European Conference on Pattern Languages of Programming and Computing (EuroPLoP), 1997, <http://www.objectarchtitacts.de/>.
5. Scott W. Ambler. Mapping Objects to Relational Databases: O/R Mapping in Detail. <http://www.agiledata.org/>: Techniques for Successful Evolutionary/ Agile Database Development.
6. V.A. Semyonov, S.V. Morozov, S.A. Porox. Strategii ob`ektno-relyacionnogo otobrazheniya na osnove patternov. Grant RFFI (04-01-00527).

## ДИСКРЕТНО-ДЕТЕРМИНИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В АСУ ПРЕДПРИЯТИЯ

*В данной статье рассматривается дискретно-детерминированная модель устройства выбора категорий и определения прав сотрудников для системы поддержки принятия решений в АСУ промышленного предприятия. Представлена работа конечного управляющего автомата, решающего задачу управления трудовыми ресурсами в информационно-управляющих комплексах предприятия.*

**Ключевые слова:** автоматизация; система поддержки принятия решений; конечный управляющий автомат.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, когда процесс автоматизации различных видов деятельности пришел практически на каждое современное предприятие, возникает задача накопления и обработки больших массивов данных. Большой объем информации, с одной стороны, позволяет выполнять более точные расчеты и делать подробный анализ, с другой – превращает поиск необходимых решений в сложную задачу.

Для упрощения задачи поиска решений используют системы поддержки принятия решений (СППР), обслуживающие задачи ввода, хранения и анализа данных. Система осуществляет поиск функциональных и логических закономерностей в накопленных данных, построение моделей и правил, которые объясняют найденные закономерности и с определенной вероятностью прогнозируют развитие некоторых процессов [1,2].

На сегодняшний день на любом промышленном предприятии требуется хранить большие объемы достоверной информации, необходимой для эффективной управленческой деятельности. Внедрение СППР позволяет решить задачу обеспечения оперативно-производственной службы необходимой информацией для решения задач управления производственно-хозяйственной деятельностью предприятия и задач управления персоналом промышленного предприятия. В настоящее время актуальной является задача определения набора социальных гарантий, материальных и нематериальных благ, установления трудовых ограничений и категорий для сотрудников предприятия. Исходной информацией служит набор документов, предоставляемый сотрудником предприятия, и ряд нормативных актов трудового и социального законодательства. Наряду с решением вопросов обработки больших объемов данных, указанная задача усложняется тем, что гражданин на основе нормативных документов, трудового кодекса и квалификационных справочников может одновременно принадлежать нескольким категориям, для каждой из которых определен свой набор прав и ограничений материального и иного характера. Таким образом, возникает задача выбора лучшей, с точки зрения сотрудника и предприятия, категории и соответствующего ей набора прав и ограничений материального и иного характера.

### СТРУКТУРА СППР ДЛЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ

В состав СППР АСУ промышленного предприятия входят три главных компонента: база данных (БД), база моделей и программная система, которая состоит из трех подсистем: система управления БД (СУБД), система управления базой моделей (СУБМ), система управления пользовательским интерфейсом. Структура СППР, решающая задачу управления персоналом промышленного предприятия, представлена на рисунке 1.

БД используется в СППР знаний СППР содержит модели принятия решений, ориентированные на управление персоналом. В БЗ заложены основные показатели и методы определения категорий, групп прав и ограничений персонала предприятия в качестве источника данных. Она создается и поддерживается на основе информации, поступающей от внешних источников данных, от информационных систем операционного уровня, на основе анализа документов и справочников. СУБД необходима для создания и манипулирования БД: обновления и обработки данных,

обеспечения выдачи информации по запросам. База знаний СППР содержит модели принятия решений, ориентированные на управление персоналом.

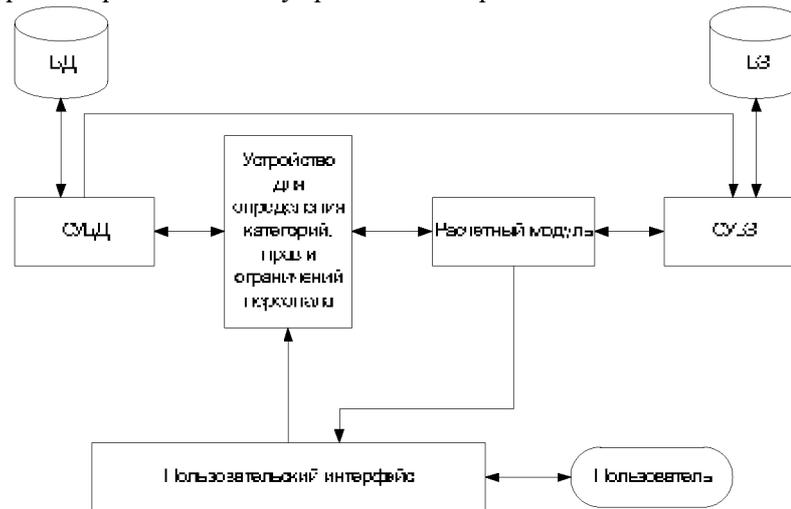


Рисунок 1 – Структура СППР для задач управления персоналом

В основу БЗ заложены разработанные модели принятия решений о целесообразности присвоения категорий и установления прав и ограничений. СУБЗ представляет собой совокупность программных средств, обеспечивающих простоту создания и использования моделей БЗ, оценку соответствующих результатов применения БЗ целям системы управления. Модуль расчетов предназначен для формирования решений о присвоении категорий, групп прав и ограничений с помощью заранее определенного критерия. Пользовательский интерфейс является диалоговым компонентом системы и представляет собой программные и аппаратные средства, которые обеспечивают взаимодействие пользователя с системой. Основной функциональной частью СППР, решающей задачу управления персоналом, является устройство для определения категорий, прав и ограничений персонала предприятия. В данной статье будет подробно представлено функционирование этого устройства.

### ДИСКРЕТНО-ДЕТЕРМИНИРОВАННАЯ МОДЕЛЬ УСТРОЙСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАТЕГОРИЙ, ПРАВ И ОГРАНИЧЕНИЙ ПЕРСОНАЛА

Процесс установления категорий, прав и ограничений в СППР АСУ промышленного предприятия основан на анализе входной информации, представленной в виде перечня документов сотрудника. С точки зрения системы пользователь длительное время находится в устойчивом состоянии, соответствующем установленному набору категорий, прав и ограничений материального и иного характера. Переход в другое состояние осуществляется на основе изменения законодательства или свойств (набора документов) пользователя скачкообразно за пренебрежительно малый промежуток времени. Таким образом, процесс установления категорий, прав и ограничений персонала удовлетворяет свойству дискретности. С теоретической точки зрения он может быть представлен в виде дискретно-детерминированной модели, описываемой конечным управляющим автоматом (КУА) [4].

В основе рассматриваемой модели КУА лежит предположение о том, что автомат работает дискретным образом: находится до и после каждого шага в совершенно определенном состоянии, за каждый шаг воспринимает некоторый входной сигнал или порождает выходной сигнал. Сущность модели устройства определения категорий, прав и ограничений персонала СППР промышленного предприятия, выполняющего задачу управления персоналом, представленной в виде конечного управляющего автомата, поясняется схемой на рисунке 2, где приняты следующие обозначения:

- 1 – блок определения состояний конечного управляющего автомата;
- 2 – блок определения управляющих сигналов конечного управляющего автомата;
- $X_N$  – элемент кода документов сотрудника, определяемый:

$$\begin{cases} X_N = 1 - \text{документ } X_N \text{ в наличии,} \\ X_N = 0 - \text{документ } X_N \text{ отсутствует,} \end{cases}$$

$N$  – количество документов сотрудника, подтверждающих категорию (квалификацию) и права и ограничения материального и иного характера;

$(X_1, X_2, \dots, X_i, \dots, X_N)$  – первая группа  $N$  входов блока 1, представляющих собой код документов сотрудника;

$Z_K$  – элемент кода наличия категории у персонала предприятия, определяемый:

$$\begin{cases} Z_K = 1 - \text{категория, квалификация } Z_K \text{ присвоена,} \\ Z_K = 0 - \text{категория, квалификация } Z_K \text{ не присвоена,} \end{cases}$$

$K$  – количество категорий;

$(Z_1, Z_2, \dots, Z_i, \dots, Z_K)$  – группа  $K$  выходов блока 1, связанных с  $K$  входами блока 2 и представляющих собой код наличия категории у сотрудника;

$Y_P$  – элемент кода наличия прав и ограничений материального и иного характера сотрудника предприятия, определяемый:

$P$  – количество прав и ограничений материального и иного характера;

$(Y_1, Y_2, \dots, Y_i, \dots, Y_P)$  – группа  $P$  выходов блока 2, представляющих собой код наличия прав и ограничений материального и иного характера сотрудника предприятия;

$H_K^{XN}$  – элемент кода нормативных документов категории  $Z_K$ , определяемый:

$$\begin{cases} H_K^{Yp} = 1 - \text{для категории } Z_K \text{ предусмотрено право (ограничение) } Y_P, \\ H_K^{Yp} = 0 - \text{для категории } Z_K \text{ не предусмотрена право (ограничение) } Y_P; \end{cases}$$

$(H_1^{X1}, H_2^{X1}, \dots, H_K^{X1}), \dots, (H_1^{Xi}, H_2^{Xi}, H_K^{Xi}), \dots, (H_1^{XN}, H_2^{XN}, \dots, H_K^{XN})$  – входы блока 1 из второй группы входов устройства, представляющие собой коды нормативных документов каждой категории (квалификации);

$H_K^{Yp}$  – элемент кода нормативных документов группы видов прав и ограничений категории (квалификации)  $Z_K$ , определяемый:

$$\begin{cases} H_K^{Yp} = 1 - \text{для категории } Z_K \text{ предусмотрено право (ограничение) } Y_P, \\ H_K^{Yp} = 0 - \text{для категории } Z_K \text{ не предусмотрена право (ограничение) } Y_P; \end{cases}$$

$(H_1^{Y1}, H_1^{Y2}, \dots, H_1^{Yp}), \dots, (H_i^{Y1}, H_i^{Y2}, \dots, H_i^{Yp}), \dots, (H_K^{Y1}, H_K^{Y2}, \dots, H_K^{Yp})$  – вторая группа входов блока 2 из второй группы входов устройства, представляющие собой коды нормативных документов каждой группы видов прав и ограничений;

1.1, 1.2, ..., 1.N – логические элементы блока 1, выполняющие последовательную операцию импликации над соответствующим элементом кода документов сотрудника и соответствующим кодом нормативного документа категории  $(H_{1-K}^{X1} \rightarrow X_1, H_{1-K}^{X2} \rightarrow X_2, \dots, H_{1-K}^{Xi} \rightarrow X_i, \dots, H_{1-K}^{XN} \rightarrow X_N)$ ;

1.N + 1, 1.N + 2, ..., 1.N + K – логические элементы блока 1, выполняющие операцию сравнения соответствующих выходов блоков импликации  $(\&_{1N}, \&_{2N}, \dots, \&_{iN}, \dots, \&_{KN})$ ;

2.1, 2.2, ..., 2.K – логические элементы блока 2, выполняющие операцию сравнения соответствующих элементов кода наличия категорий у сотрудника промышленного предприятия с соответствующими кодами нормативных документов каждой группы видов прав и ограничений материального и иного характера  $(\&_{11}, \&_{12}, \dots, \&_{1P}, \dots, \&_{j1}, \&_{j2}, \dots, \&_{jP}, \dots, \&_{K1}, \&_{K2}, \dots, \&_{KP})$ ;

2.K + 1, 2.K + 2, ..., 2.K + P – логические элементы блока 2, выполняющие операцию объединения соответствующих выходов блоков сравнения  $(1_{1K}, 1_{2K}, \dots, 1_{iK}, \dots, 1_{PK})$ .

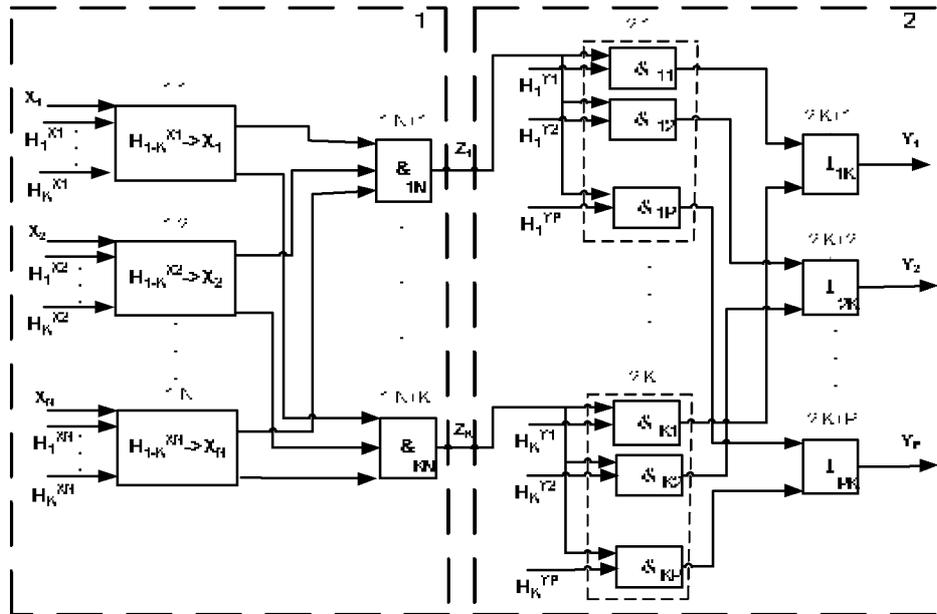


Рисунок 2 – Схема КУА устройства определения категорий, прав и ограничений персонала в СППР промышленного предприятия

### РАБОТА КОНЕЧНОГО УПРАВЛЯЮЩЕГО АВТОМАТА

Работа конечного управляющего автомата устройства определения категорий, прав и ограничений персонала в СППР, решающего задачу управления персоналом промышленного предприятия, осуществляется следующим образом. После поступления документов сотрудника предприятия и кодов нормативных документов каждой категории на входы блока определения состояний 1, выполненного из логических элементов импликации и сравнения, соответствующие элементы кода документов персонала и соответствующие коды нормативных документов каждой категории подвергаются операции импликации (элементы 1.1, 1.2, ..., 1.N) с последующим поэлементным сравнением (элементы 1.N + 1, 1.N + 2, ..., 1.N + K) выходов результатов импликации, что представлено в виде следующей логической схемы:

$$\begin{cases} (H_1^{X1} \rightarrow X_1) \& (H_1^{X2} \rightarrow X_2) \& \dots \& (H_1^{Xi} \rightarrow X_i) \& \dots \& (H_1^{Xk} \rightarrow X_k) = Z_1; \\ (H_2^{X1} \rightarrow X_1) \& (H_2^{X2} \rightarrow X_2) \& \dots \& (H_2^{Xi} \rightarrow X_i) \& \dots \& (H_2^{Xk} \rightarrow X_k) = Z_2; \\ \dots \\ (H_K^{X1} \rightarrow X_1) \& (H_K^{X2} \rightarrow X_2) \& \dots \& (H_K^{Xi} \rightarrow X_i) \& \dots \& (H_K^{Xk} \rightarrow X_k) = Z_K; \end{cases} \quad (1)$$

При поступлении кода наличия категорий (квалификаций) сотрудника и кодов нормативных документов каждой группы видов прав и ограничений на вход блока определения управляющих сигналов 2, выполненного из логических элементов сравнения (элементы 2.1, 2.2, ..., 2.K) и объединения (элементы 2.K + 1, 2.K + 2, ..., 2.K + P), соответствующие элементы кода наличия категорий у сотрудника последовательно сравниваются с кодами нормативных документов каждой группы видов прав и ограничений с последующим поэлементным объединением соответствующих выходов результатов сравнения, что представлено в виде следующей логической схемы:

$$\begin{cases} (H_1^{Y1} \& Z_1) \vee (H_2^{Y1} \& Z_2) \vee \dots \vee (H_i^{Y1} \& Z_i) \vee \dots \vee (H_k^{Y1} \& Z_k) = Y_1; \\ (H_1^{Y2} \& Z_1) \vee (H_2^{Y2} \& Z_2) \vee \dots \vee (H_i^{Y2} \& Z_i) \vee \dots \vee (H_k^{Y2} \& Z_k) = Y_2; \\ \dots \\ (H_1^{Yp} \& Z_1) \vee (H_2^{Yp} \& Z_2) \vee \dots \vee (H_i^{Yp} \& Z_i) \vee \dots \vee (H_k^{Yp} \& Z_k) = Y_p; \end{cases} \quad (2)$$

Рассмотренная схема СППР может быть применена в различных областях, в том числе, в сфере предоставления мер социальной поддержки населению. В этом случае на вход конечного управляющего автомата в качестве нормативного набора документов поступают

законодательные акты, установленные в рамках социальной политики региона, и набор документов гражданина, подтверждающих льготные категории. Выходными параметрами будут являться коды установленных категорий и видов льгот гражданина.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научная новизна данной разработки состоит в том, что схема устройства определения категорий, прав и ограничений персонала, входящего в состав СППР, представленная в виде конечного управляющего автомата, который содержит блок определения состояний с двумя группами входов и группой выходов и блок определения управляющих сигналов с двумя группами входов и группой выходов, позволяет в режиме реального времени определять категорию (квалификацию), права и ограничения сотрудника предприятия в соответствии с представленными документами. При введении в систему нового документа, окончании срока действия уже введенного документа, отказе сотрудника от предоставления категорий (квалификаций) и прав по какому-либо основанию, изменения фиксируются в едином реестре сотрудников предприятия, что сокращает время установления категорий (квалификаций), прав и ограничений материального и иного характера.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бойченко Е.В., Михеев А.В. Методология автоматизации проектирования элементов АС ГРН. – Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики, 2001. – 372 с.
2. Альянах И.Н. Моделирование вычислительных систем. – Л.: Машиностроение, 1988. – 223 с.
3. Авен А.И., Коган Я.А. Управление вычислительным процессом в ЭВМ. – М.: Энергия, 1976. – 240 с.
4. Брауэр В. Введение в теорию конечных автоматов: пер. с нем. – М.: Радио и связь, 1987. – 392 с.

**Волкова Наталья Вячеславовна**

ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Аспирант УНИИ ИТ

Тел.: 8(4862)76-19-10

E-mail: [ns1986@yandex.ru](mailto:ns1986@yandex.ru)

**Суздальцев Анатолий Иванович**

ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Доктор технических наук, профессор кафедры проектирования и технологии электронных вычислительных систем

Тел.: 8(4862)41-98-79

E-mail: [pteivs@ostu.ru](mailto:pteivs@ostu.ru)

---

N.V. VOLKOVA, A.I. SUZDALTSEV

### THE DISCRETE-DETERMINED MODEL OF DECISION SUPPORT SYSTEM IN THE ENTERPRISE MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM

*The discrete-determined model of staff's category choice device for decision support system in the management information system of the industrial enterprise is considered in this paper. The scheme of work of the state machine in solving a problem of manpower management in information-operating complexes of the enterprise is presented here.*

**Keywords:** automation; decision support system; the state machine.

### BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Bojchenko E.V., Mixeev A.V. Metodologiya avtomatizacii proektirovaniya AS GRN. – Moskovskij gosudarstvennyj institut radiotexniki, e'lektroniki i avtomatiki, 2001. – 372 s.
2. Al'yanax I.N. Modelirovanie vy'chislitel'ny'x sistem. – L.: Mashinostroenie, 1988. – 223 s.
3. Aven A.I., Kogan Ya.A. Upravlenie vy'chislitel'ny'm processom v E'VM. – M.: E'nergiya, 1976. – 240 s.
4. Braue'r V. Vvedenie v teoriyu konechny'x avtomatov: per. s nem. – M.: Radio i svyaz', 1987. – 392 s.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФРАКТАЛЬНЫХ ФИНАНСОВЫХ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ГИБРИДНОЙ НЕЙРО-НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМОЙ**

*Рассматривается автоматизированная информационная система прогнозирования фрактальных финансовых временных рядов (АИС «НАДЕЖДА»), написанная на встроенном языке Matlab 2010a, прошедшая тестовые испытания и обеспечившая высокие показатели в прогнозировании финансового временного ряда (котировки ОАО «Газпром»).*

**Ключевые слова:** гибридная нейро-нечёткая сеть; финансовые временные ряды; технический анализ; фундаментальный анализ; нейросетевой анализ; фрактальный анализ.

**ВВЕДЕНИЕ**

Гибридные системы (ГС) применяются в решении большей части прикладных задач, чем все остальные методы синтеза нечетких множеств и нейронных сетей (НС) [2].

ГС – это система, включающая две или более разнородных подсистем, объединенных общей целью. Понятие гибридной системы близко к понятию синергетической системы по Г. Хакену [19] и И. Пригожину [15], т.е. сложной самоорганизующейся, эволюционирующей системы, которая развивается на основе принципов взаимодействия (в первую очередь, кооперации и координации). Первая ступень гибридизации при решении задач прогнозирования финансовых временных рядов (ФВР) связана с объединением нечетких продукционных систем (НПС) и искусственных нейронных сетей (ИНС). Цель объединения НПС и ИНС состоит в объединении их достоинств и взаимной компенсации недостатков на основе интегрированных нейро-нечетких систем: преимущество НПС по сравнению с ИНС – в наглядности представления знаний о предметной области в виде нечетких правил, достоинство ИНС в сравнении с НПС – в их способности к обучению.

Основные недостатки нечетких продукционных моделей и систем прогнозирования ФВР:

- исходное множество нечетких правил задаётся экспертом, в силу чего оно может быть неполным и/или противоречивым;
- вид и параметры функций принадлежности (ФП) нечетких высказываний в нечетких правилах устанавливаются субъективно;
- автоматическое приобретение знаний или пополнение знаний невозможно.

Основной недостаток ИНС – в отсутствии наглядности представления знаний.

НПС могут быть реализованы в виде гибридных продукционных нейро-нечетких сетей со структурой типа многослойного персептрона (FF-сети). Каждый его слой выполняет соответствующий этап работы НПС:

1. Первый слой нейронов служит для фаззификации четких значений ФВР;
2. Скрытые слои представляют нечеткие правила и реализуют алгоритмы вывода;
3. Выходной слой осуществляет дефаззификацию выходной переменной (определяет четкое значение прогнозируемой величины).

Алгоритм обучения такой гибридной нейро-нечеткой сети ориентирован в общем случае на адаптацию весов связей между нейронами (ФП лингвистических значений входных и выходных лингвистических переменных (ЛП)) [16, 17].

В данной работе предлагается метод прогнозирования на основе гибридной продукционной нейро-нечеткой системы ANFIS (Adaptive network based fuzzy inference system – адаптивная система нейро-нечеткого вывода) [2, 8, 16, 20], рассматривается автоматизированная информационная система АИС «Надежда» для решения задач прогнозирования ФВР и приводится пример.

**МЕТОД ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФВР НА ОСНОВЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ НЕЙРО-НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА ANFIS И ДИАЛОГОВАЯ СИСТЕМА АИС «НАДЕЖДА» ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ**

ANFIS реализует алгоритм нечеткого вывода Такаги-Сугено в виде пятислойной ИНС

прямого распространения информации [21,22].

Входы сети в отдельный слой не выделяются. На рисунке 1 изображена ANFIS-сеть с двумя входными ЛП и четырьмя нечёткими правилами. Для лингвистической оценки входной ЛП  $X_1$  используется 3 термина, для ЛП  $X_2$  – 2 термина.

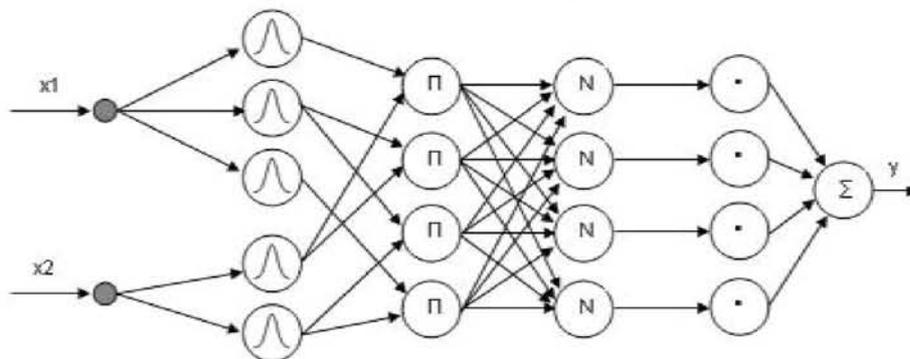


Рисунок 1 – Структура нейро-нечёткой продукционной сети ANFIS с двумя входными ЛП, четырьмя правилами и одной выходной ЛП

Введём следующие обозначения:  $X_1, X_2, \dots, X_n$  – входные ЛП;  $Y$  – выходная ЛП.

Нечёткое правило:

$$R_j : \text{ЕСЛИ } X_1 = A_{1j} \text{ И } \dots \text{ И } X_n = A_{nj}, \text{ ТО } Y = c_{0j} + c_{1j}x_1 + \dots + c_{nj}x_n,$$

где  $j = 1, 2, \dots, k$ ,  $k$  – число правил;  $A_{ij}$  – лингвистическое значение  $i$ -й ЛП  $X_i$  в правиле  $R_j$ ,  $i = 1, \dots, n$ ,  $n$  – число входов,  $j = 1, 2, \dots, k$ ;  $c_{qj}$  – действительные числа в заключении правила  $R_j$  ( $j = 1, 2, \dots, k$ ,  $q = 0, 1, \dots, n$ ) [15,17,21].

ANFIS-сеть функционирует следующим образом.

**Слой 1.** Каждый нейрон первого слоя представляет один терм с колоколообразной ФП. Входы сети  $x_1, x_2, \dots, x_n$  соединены только со своими терминами (рис.1). Количество нейронов первого слоя равно сумме мощностей терм-множеств входных ЛП. Выходом нейрона является степень принадлежности чёткого значения входной переменной соответствующему нечёткому терму:

$$\mu_{A_{ij}}(x_i) = e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x_i - m_{ij}}{\sigma_{ij}} \right)^2}, \quad (1)$$

где параметры  $\sigma_{ij}$  – рассеяние колоколообразной ФП  $\mu_{A_{ij}}(x_i)$ ,  $m_{ij}$  – опорная точка (центр) ФП [14], упорядоченные отношением:  $\sigma_{ij} < m_{ij}$ , причем  $m_{ij} > 0$ . В качестве наглядного примера представлен график колоколообразной ФП  $\mu_{A_{ij}}(x_i)$  для значений параметров  $\sigma_{11} = 0.16$ ;  $m_{11} = 1$  (рис.2).

Параметр  $m_{ij}$  определяется по следующей формуле:

$$m_{ij} = \frac{x_{1ij}^{(0,5)} + x_{2ij}^{(0,5)}}{2}, \quad (2)$$

где  $x_{1ij}^{(0,5)}$  и  $x_{2ij}^{(0,5)}$  – чёткие значения входной ЛП  $X_i$ , при которых ФП  $\mu_{A_{ij}}(x_i)$  принимает значение 0,5, причем  $x_{1ij}^{(0,5)} < m_{ij}$ , а  $x_{2ij}^{(0,5)} > m_{ij}$  (рис. 2).

Параметр  $\sigma_{ij}$  определяется для колоколообразной функции из формулы (1):

$$\sigma_{ij} = \sqrt{-\frac{(x_i - m_{ij})^2}{2 \ln(\mu_{A_{ij}}(x_i))}},$$

или при  $x_{211}^{(0,5)} = 1,19$  и  $m_{11} = 1$  для  $\sigma_{11}$  получаем:  $\sigma_{11} = \sqrt{\frac{0,01805}{\ln \frac{1}{2}}} \approx 0,16$

Настройка представляет собой нахождение таких параметров ФП термов входных переменных и весовых коэффициентов правил, которые минимизируют отклонение между желаемым и действительным поведением нечёткого классификатора на обучающей выборке [23,24].

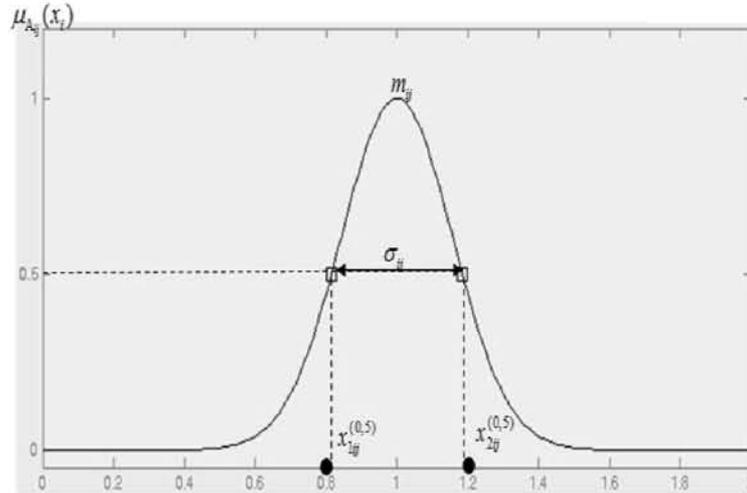


Рисунок 2 – Колоколообразная ФП

**Слой 2.** Количество нейронов второго слоя равно числу правил  $k$ . Каждый узел этого слоя соответствует одному нечёткому правилу. Нейрон второго слоя соединен с теми нейронами первого слоя, которые формируют левую (условную) часть соответствующего правила. Каждый нейрон второго слоя может принимать от 1 до  $n$  входных сигналов. Выходом нейрона является степень выполнения правила, которая рассчитывается в виде произведения входных сигналов. Обозначим выходы нейронов этого слоя как  $\alpha_j$  [2,16]:

$$\alpha_j = \mu_{A_{1j}}(x_1) \cdot \dots \cdot \mu_{A_{nj}}(x_n), j = 1, \dots, k \quad (3)$$

**Слой 3.** Количество нейронов третьего слоя также равно  $k$ . Каждый нейрон этого слоя рассчитывает относительную степень выполнения нечёткого правила:

$$\beta_j = \frac{\alpha_j}{\sum_{l=1}^k \alpha_l} \quad (4)$$

**Слой 4.** Количество нейронов четвертого слоя также равно  $k$ . Каждый нейрон соединен с одним нейроном третьего слоя, а также со всеми входами сети (на рисунке 1 связи с входами не показаны). Нейрон четвертого слоя рассчитывает вклад одного нечёткого правила в выход сети:

$$\hat{y}_j = \beta_j (c_{0j} + c_{1j}x_1 + \dots + c_{nj}x_n) \quad (5)$$

**Слой 5.** Единственный нейрон этого слоя суммирует вклады всех правил:

$$\hat{y} = \hat{y}_1 + \dots + \hat{y}_j$$

Типовые алгоритмы обучения могут быть применены и для настройки ANFIS-сети, так как в ней используются только дифференцируемые ФП. Обычно применяется комбинация алгоритма с обратным распространением ошибки и метода наименьших квадратов. Первый алгоритм настраивает параметры antecedentes правил, т.е. ФП. Методом наименьших квадратов оцениваются коэффициенты заключений правил, так как они линейно связаны с выходом сети. Каждый шаг процедуры настройки выполняется в два этапа. На

первом этапе на входы подается один элемент (образ) обучающей выборки и по невязке между желаемым и действительным выходами сети итерационно методом наименьших квадратов находятся оптимальные параметры нейронов четвертого слоя. На втором этапе остаточная невязка передается с выхода сети на входы и на основе алгоритма обучения с обратным распространением ошибки модифицируются параметры ФП первого слоя. При этом найденные на первом этапе коэффициенты заключений правил не изменяются. Итерационная процедура настройки продолжается до тех пор, пока невязка не станет ниже заранее установленного значения. Для настройки ФП, кроме метода обратного распространения ошибки, могут использоваться и другие алгоритмы оптимизации, например, метод Левенберга-Марквардта [1,5,7,11,15,19].

### ОСНОВНЫЕ ФУНКЦИИ И ПРИНЦИП РАБОТЫ ДИАЛОГОВОЙ СИСТЕМЫ «НАДЕЖДА»

Диалоговая система «НАДЕЖДА» предназначена для реализации трех подходов к анализу и прогнозированию финансовых рынков: технического, фундаментального и нейросетевого.

В данной системе реализованы и некоторые статистические методы анализа финансовых отчетностей, а также нейро-нечеткая система ANFIS. Для неё разработан свой пользовательский интерфейс, позволяющий взаимодействовать с пакетом anfisedit, без использования инженерной среды Matlab2010a, что значительно повышает производительность прогнозирования в целом.

На рисунке 3 представлена структурно-функциональная схема автоматизированной информационной системы прогнозирования ФВР АИС «НАДЕЖДА» с реализацией трех подходов. Технический анализ осуществляет анализ и прогнозирование ФВР на основе различных моделей графиков, формируемых в процессе торговой сессии.

Фундаментальный анализ осуществляет анализ, используя традиционные (линейные) методы анализа финансовых отчетностей компаний. Нейросетевой анализ осуществляет прогноз на основе нейро-нечеткой системы ANFIS и проектирование нечеткой логики [3,4,6].

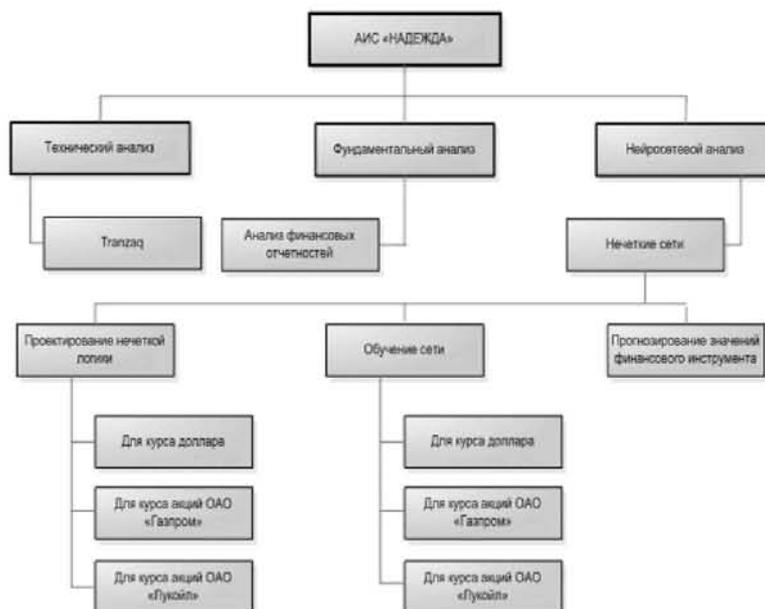


Рисунок 3 – Структурно-функциональная схема АИС «НАДЕЖДА»

### ПРИМЕР ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АИС «НАДЕЖДА» ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОТИРОВОК АКЦИЙ ОАО «ГАЗПРОМ»

Задача прогнозирования:

1. Финансовый инструмент: Акции;
2. Эмитент: ОАО «Газпром»;

3. Тип котировки акции: Цена закрытия;
4. Период поступления котировок в систему торгов:  $t=1$  торговый день;
5. Период котировок: 30.09.2008 – 30.10.2008;
6. Период прогнозирования: по текущему и 3 предыдущим дням.

Данные котировок получены на странице <http://www.finam.ru/analysis/export/default.asp> (рис. 4).

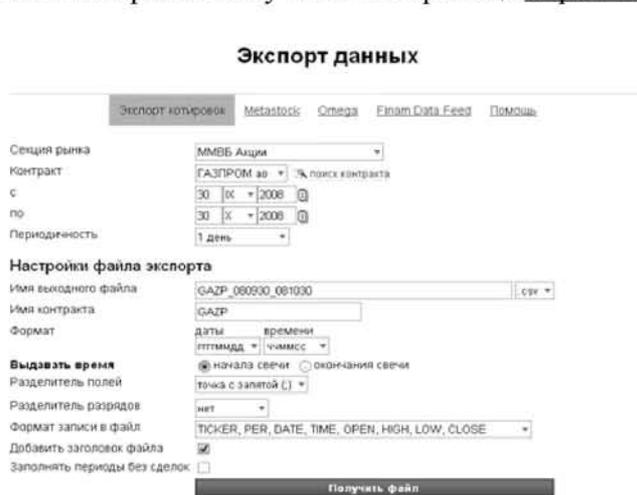


Рисунок 4 – Экспорт котировок

DATE	OPEN	HIGH	LOW	CLOSE
2008-09-30	179,00000	180,00000	178,00000	178,20000
2008-10-01	180,00000	181,00000	179,00000	180,10000
2008-10-02	180,00000	181,00000	179,00000	179,20000
2008-10-03	181,00000	182,00000	180,00000	181,45000
2008-10-06	179,00000	180,00000	178,00000	178,30000
2008-10-07	178,00000	179,00000	177,00000	178,00000
2008-10-08	177,00000	178,00000	176,00000	177,00000
2008-10-09	177,00000	178,00000	176,00000	177,00000
2008-10-10	177,00000	178,00000	176,00000	177,00000
2008-10-13	178,00000	179,00000	177,00000	178,00000
2008-10-14	178,00000	179,00000	177,00000	178,00000
2008-10-15	178,00000	179,00000	177,00000	178,00000
2008-10-16	178,00000	179,00000	177,00000	178,00000
2008-10-17	178,00000	179,00000	177,00000	178,00000
2008-10-20	178,00000	179,00000	177,00000	178,00000
2008-10-21	178,00000	179,00000	177,00000	178,00000
2008-10-22	178,00000	179,00000	177,00000	178,00000

Рисунок 5 – Полученные котировки акций ОАО «Газпром»

В данном окне можно получить данные в формате, удобном для представления прогнозируемой величины, по любому финансовому инструменту.

На рисунке 5 представлены данные котировок компании ОАО «Газпром» с соответствующим периодом посредством встроенных средств Microsoft Excel [1,9,11,12].

Для решения задачи прогнозирования используется лишь один столбец <CLOSE> (цена закрытия – цена в момент продажи/покупки актива).

<DATE> – дата в момент совершения операции на финансовом рынке;

<OPEN> – цена, с которой начинается новая операция после продажи;

<HIGH> – самая высокая цена в момент совершения операции;

<LOW> – самая низкая цена в момент совершения операции [4,10].

На основе данных рисунка 5 может быть сформирована обучающая последовательность. Т.к. прогноз котировки акции в момент времени  $t+1$  должен осуществляться по текущему моменту  $t$  и трем предшествующим моментам  $t-1, t-2, t-3$ , то гибридная ANFIS-сеть должна иметь 4 входа, на которые подаются соответствующие значения котировок  $x(t), x(t-1), x(t-2)$  и  $x(t-3)$  в моменты времени  $t, t-1, t-2$  и  $t-3$ .

Приведем пример формирования элемента обучающей последовательности значений входов:

$$x(t) = (x(t), x(t-1), x(t-2), x(t-3))^T, t = 4, 5, \dots, 22.$$

Требуемый выход  $y(t)$  ANFIS – сети в момент времени  $t$  равен курсу акции  $x(t+1)$  в момент времени  $t+1$ :  $y(t) = x(t+1), t = 4, 5, \dots, 22$ .

Таким образом, обучающая последовательность для настройки ANFIS-сети может быть представлена так:  $(x(t), y(t) = x(t+1)), t = 4, 5, \dots, 22$ .

*Пример элемента обучающей последовательности.*

В качестве текущего дня  $t=4$  выберем день 2008/10/03 с ценой закрытия  $x(4)=181,45$ . Соответствующий элемент обучающей последовательности имеет вид  $(x(4), y(4) = x(5))$ , где  $x(4) = (x(4) = 181,45; x(3) = 179,81; x(2) = 180,11; x(1) = 178,20)^T$  – входной вектор, а  $y(4)=x(5)=178,9$  – требуемый выход в момент времени  $t=4$  [14].

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ МЕТОДОМ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Цель прогнозирования заключается в уменьшении риска при принятии решений. Прогноз значений показателей, как правило, получается неточным, в свою очередь,

полученная неточность прогноза зависит от используемой системы прогнозирования. Предоставив прогнозу достаточно ресурсов, точность значения прогнозной величины увеличится, а ошибка прогнозирования, связанная с неопределенностью при принятии решений, уменьшится. Следовательно, для прогнозирования следует подготовить качественные входные прогнозируемые значения, а затем провести анализ входной информации. Целью такого анализа является выявление тех частей значимой информации, которые позволят достичь высокой точности прогноза [14]. Прогнозирование нестабильных и нечетких процессов является крайне ненадежным и малоэффективным. Следовательно, выявление устойчивости процесса является основным этапом анализа информации.

Фракталом называется структура, состоящая из частей, которые в каком-то смысле подобны целому [18]. Фракталами также являются временные графики различных природных и экономико-социальных процессов. На сегодняшний день особой популярностью пользуются фрактальные ФВР, обладающие долговременной памятью. Степень фрактальности указывает влияние предыстории на процесс формирования временного ряда (ВР).

Фрактальные ВР можно разделить на:

1. Персистентный – ВР, сохраняющий в среднем тенденцию приращений;
2. Антиперсистентный – ВР, подверженный изменениям;
3. ВР с независимыми приращениями [12,13,14].

По показателю Херста определяется тип ВР:

1. Если показатель Херста  $H=0,5$ , то ВР является случайным и никакой информации в себе не несет;
2. Если показатель Херста  $0 \leq H \leq 0,5$ , ВР является антиперсистентным. Данный тип системы называют «возврат к среднему». Т.е., если система демонстрирует рост в предыдущий период, то, скорее всего, в следующем периоде начнется спад тенденции [4];
3. Если показатель Херста  $0,5 \leq H \leq 1$ , ВР является персистентным. Таким образом, если ряд возрастает (убывает) в предыдущий период, то он будет сохранять эту тенденцию какое-то время в будущем [13].

Определим показатель Херста для полученного ФВР (котировок акции компании ОАО «Газпром»). Исходя из п.3, имеются значения цены закрытия в период с 30.09.2008 по 30.10.2008 (табл. 1).

Таблица 1 – Значения цены закрытия курса акций ОАО «Газпром»

№	Дата	Значение	№	Дата	Значение
1	30.09.2008	178.20	12	16.10.2008	105.57
2	01.10.2008	180.11	13	17.10.2008	103.35
3	02.10.2008	179.81	14	20.10.2008	109.50
4	03.10.2008	181.45	15	21.10.2008	117.47
5	06.10.2008	178.90	16	22.10.2008	110.00
6	07.10.2008	139.75	17	23.10.2008	103.00
7	08.10.2008	116.90	18	24.10.2008	86.60
8	09.10.2008	128.50	19	28.10.2008	92.00
9	13.10.2008	117.18	20	29.10.2008	110.05
10	14.10.2008	132.91	21	30.10.2008	129.99
11	15.10.2008	122.00	22	31.10.2008	133.50

Следующим этапом определяется отклонение за  $N=22$ , где  $N$  – число периодов:

$$\bar{E} = \sum_{i=1}^N (x_i - x_{cp}),$$

где  $x_i$  – текущее значение ВР,  $x_{cp}$  – среднее значение  $x_i$  за  $N$  периодов. Отклонение для рассматриваемого ВР  $\bar{E} = 0,24$ , максимальное значение  $\bar{E}_{\max} = 51,65$ , минимальное

значение  $\bar{E}_{\min} = -43,2$ .

Далее определяем размах отклонения  $R$ , который рассчитывается по формуле:

$$R = \bar{E}_{\max} - \bar{E}_{\min}.$$

В данном случае  $R=94,85$ .

Следующим этапом рассчитывается среднее квадратичное отклонение:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - x_{cp})^2}{N}}.$$

Получается:  $S=29,9$ .

Следующим шагом рассчитывается показатель Херста  $H$ , исходя из следующего соотношения:

$$H = \frac{\ln \frac{R}{S}}{\ln(a \cdot N)}, \quad (6)$$

где  $R$  – размах отклонения;  $S$  – среднее квадратичное отклонение;  $a$  – константа;  $N$  – число периодов.

Подставляя полученные значения в формулу (6), получаем:

$$H = \frac{\ln \frac{94,85}{29,9}}{\ln(0,618 \cdot 22)} = 0,44.$$

Получив значение показателя Херста  $H=0,44$ , можно сделать вывод о том, что данный ВР является фрактальным, а точнее антиперсистентным.

Таким образом, ВР подходит в качестве обучающей последовательности.

### ОБУЧЕНИЕ ГИБРИДНОЙ НЕЙРО-НЕЧЁТКОЙ СЕТИ

Для этого запустим АИС «НАДЕЖДА», созданную на встроенном языке Matlab.2010a (рис. 6).

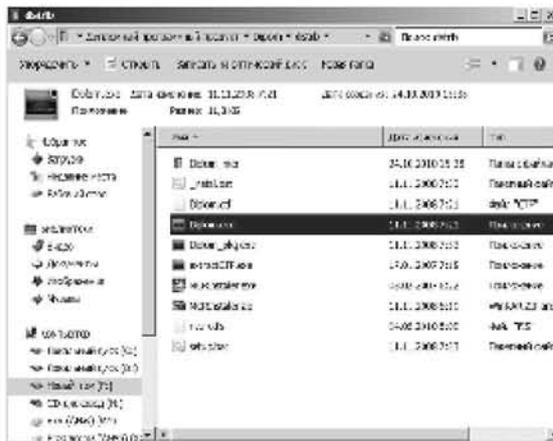


Рисунок 6 – Окно с содержимым программного комплекса АИС «НАДЕЖДА»

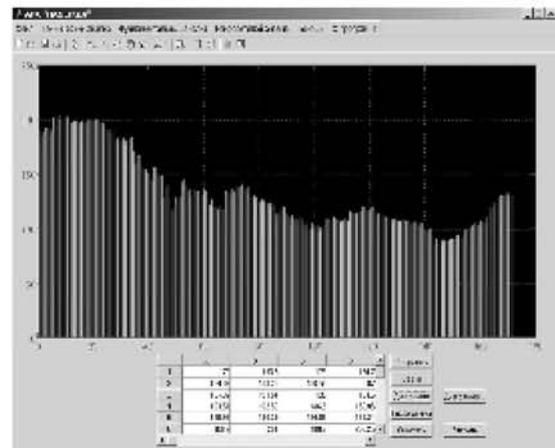


Рисунок 7 – Рабочая среда АИС «НАДЕЖДА»

При запуске файла «Diplom.exe» появляется окно, в которое загружаем финансовый временной ряд, используя кнопку «Загрузить» (рис. 7).

Далее активируется вкладка «Нейросетевой анализ – Нечёткие сети – Проектирование нечёткой логики – Для курса акций ОАО Газпром» (рис. 8).

Затем выводится окно (рис. 9) редактирования ФП лингвистических значений одной из входных ЛП. По вкладке «Edit»-«Rules» выводится окно редактора нечётких правил (рис. 10).

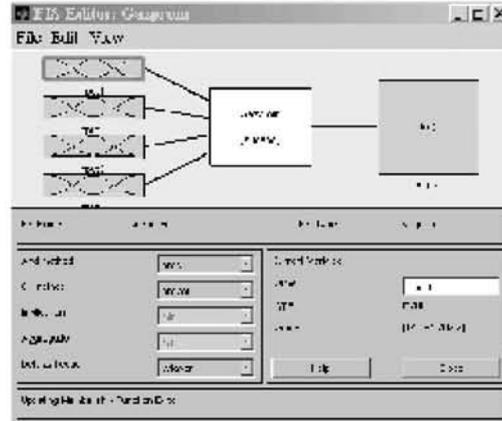
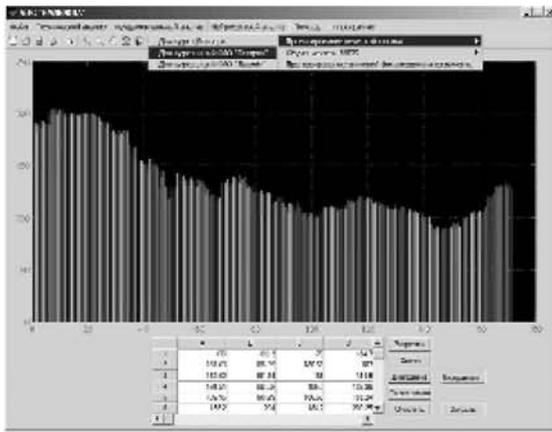


Рисунок 8 – Заняк Fiseditor

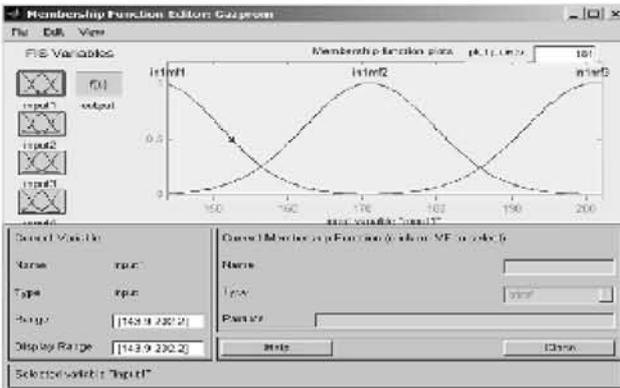


Рисунок 9 – Окно редактирования ФП лингвистических значений входных ЛП

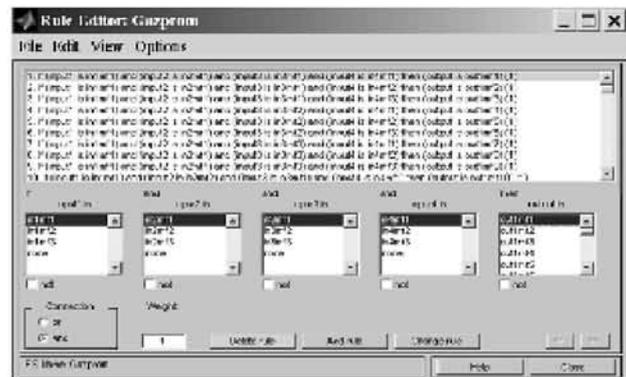


Рисунок 10 – Редактор нечётких правил

Рассмотрим пример одного правила. Пусть это будет правило №1, как показано на рисунке 10:

$$R_1 : \text{If } ((\text{Input 1 is in } 1mf\ 1) \text{ and } (\text{Input 2 is in } 2mf\ 1) \text{ and } (\text{Input 3 is in } 3mf\ 1) \text{ and } (\text{Input 4 is in } 4mf\ 1)) \text{ then } (\text{output is out } 1mf\ 1) \quad (7)$$

Запись *Input 1 is in 1mf 1* определяет степень принадлежности  $\mu_{\text{малое}}(x_1)$  входного значения  $x_1$  ЛП к нечёткому множеству (терму) «малое».

Введем обозначения:

*Input 1* =  $X_1$ ; *Input 2* =  $X_2$ ; *Input 3* =  $X_3$ ; *Input 4* =  $X_4$ ;

*in1mf1* = «малое»; *in2mf1* = «малое»; *in3mf1* = «малое»; *in4mf1* = «малое».

*output* =  $Y$ ; *out1mf1* =  $c_{01} + c_{11}x_1 + \dots + c_{41}x_4$ .

Выражение (7) примет следующий вид:

$$R_1 : \text{ЕСЛИ } X_1 = \text{"малое"} \text{ И } X_2 = \text{"малое"} \text{ И } X_3 = \text{"малое"} \text{ И } X_4 = \text{"малое"} \text{ ТО } \\ y = c_{01} + c_{11}x_1 + c_{21}x_2 + c_{31}x_3 + c_{41}x_4$$

Далее рассмотрим в качестве примера, как формируются другие несколько правил из базы знаний, исходя из рисунка 10.

$$R_2 : \text{ЕСЛИ } X_1 = \text{"малое"} \text{ И } X_2 = \text{"среднее"} \text{ И } X_3 = \text{"малое"} \text{ И } X_4 = \text{"среднее"} \text{ ТО } \\ y = c_{02} + c_{12}x_1 + c_{22}x_2 + c_{32}x_3 + c_{42}x_4;$$

$$R_3 : \text{ЕСЛИ } X_1 = \text{"малое"} \text{ И } X_2 = \text{"малое"} \text{ И } X_3 = \text{"малое"} \text{ И } X_4 = \text{"большое"} \text{ ТО } \\ y = c_{03} + c_{13}x_1 + c_{23}x_2 + c_{33}x_3 + c_{43}x_4;$$

$$R_4 : \text{ЕСЛИ } X_1 = \text{"малое"} \text{ И } X_2 = \text{"малое"} \text{ И } X_3 = \text{"среднее"} \text{ И } X_4 = \text{"малое"} \text{ ТО } \\ y = c_{04} + c_{14}x_1 + c_{24}x_2 + c_{34}x_3 + c_{44}x_4;$$

$R_5$  : ЕСЛИ  $X_1$  = "малое" И  $X_2$  = "малое" И  $X_3$  = "среднее" И  $X_4$  = "среднее" ТО  
 $y = c_{05} + c_{15}x_1 + c_{25}x_2 + c_{35}x_3 + c_{45}x_4$ ;

$R_6$  : ЕСЛИ  $X_1$  = "малое" И  $X_2$  = "малое" И  $X_3$  = "среднее" И  $X_4$  = "большое" ТО  
 $y = c_{06} + c_{16}x_1 + c_{26}x_2 + c_{36}x_3 + c_{46}x_4$ ;

$R_7$  : ЕСЛИ  $X_1$  = "малое" И  $X_2$  = "малое" И  $X_3$  = "большое" И  $X_4$  = "малое" ТО  
 $y = c_{07} + c_{17}x_1 + c_{27}x_2 + c_{37}x_3 + c_{47}x_4$ ;

**Пример.** Имеется 4 входных ЛП:

$x_1 = 181,45$  ;  $x_2 = 179,81$  ;  $x_3 = 180,11$  ;  $x_4 = 178,20$  (рис. 11-14).

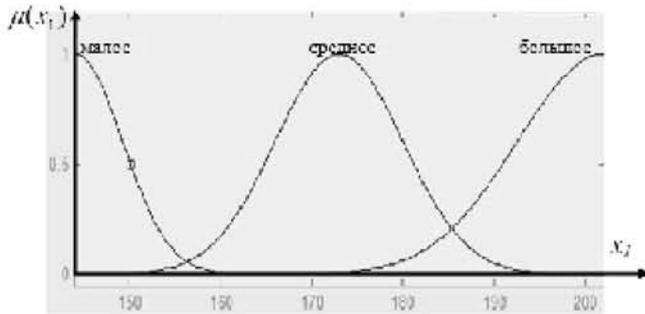


Рисунок 11 – Функции принадлежности трёх лингвистических значений первой входной ЛП

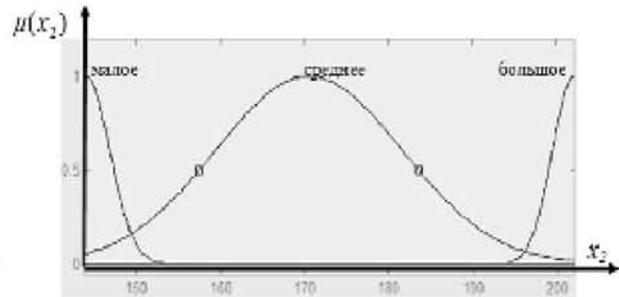


Рисунок 12 – Функции принадлежности трёх лингвистических значений второй входной ЛП

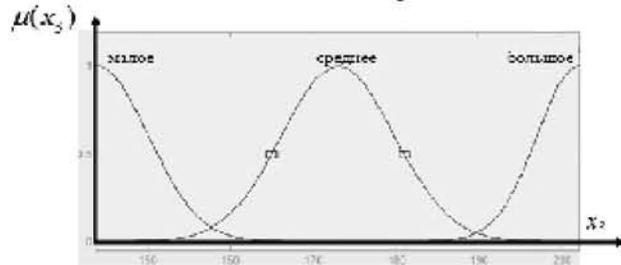


Рисунок 13 – Функции принадлежности трёх лингвистических значений 3-й входной ЛП

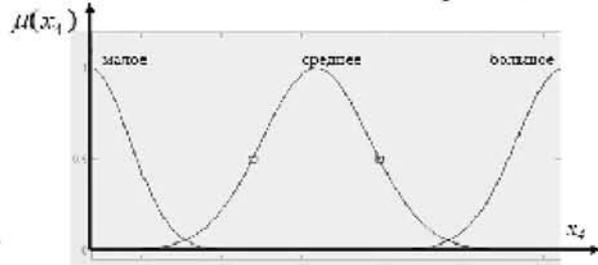


Рисунок 14 – Функции принадлежности трёх лингвистических значений 4-й входной ЛП

Далее определяются степени принадлежности чётких значений  $x_1, x_2, x_3, x_4$  к соответствующим нечётким множествам «малое», «среднее», «большое».

$$\mu_{\text{малое } j}(x_i) = \frac{1}{1 + \exp(\sigma_{ij \text{ малое}}(x_i - m_{ij \text{ малое}}))} ;$$

$$\mu_{\text{среднее } j}(x_i) = e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x_i - m_{ij \text{ среднее}}}{\sigma_{ij \text{ среднее}}} \right)^2} ;$$

$$\mu_{\text{большое } j}(x_i) = \frac{1}{1 + \exp(-\sigma_{ij \text{ большое}}(x_i - m_{ij \text{ большое}}))}$$

Параметры  $m_{ij}$  и  $\sigma_{ij}$  ФП настраиваются в процессе обучения нейро-нечёткой продукционной сети ANFIS.

Следующим этапом вычисляется степень выполнения правила (7) согласно формуле (3), учитывая связи, представленные на рисунке 1.

Третьим этапом рассчитывается относительная степень выполнения нечёткого правила согласно формуле (4).

Четвертым этапом рассчитывается вклад одного нечёткого правила в выход сети согласно формуле (5).

Заключительным этапом осуществляется суммирование вкладов всех правил:

$$y = \hat{y}_1 + \hat{y}_2 + \hat{y}_3 + \hat{y}_4$$

Посчитав вклады отдельных правил и произведя их суммирование, получим значение на следующий день, приблизительно равное  $y \approx 179,9202$ .

Последовательность дальнейших операций по обучению ANFIS-сети:

1. Активизация вкладки «Нейросетевой анализ – Нечёткие сети – Обучение сети ANFIS – Для курса акций ОАО Газпром» (рис. 15);
2. Вывод окна редактора ANFIS-сетей;
3. Загрузка обучающей последовательности, созданной для ОАО Газпром посредством «Load Data...» (рис. 16-17).
4. Обучение ANFIS-сети путем активации «Train Now» (рис. 18).

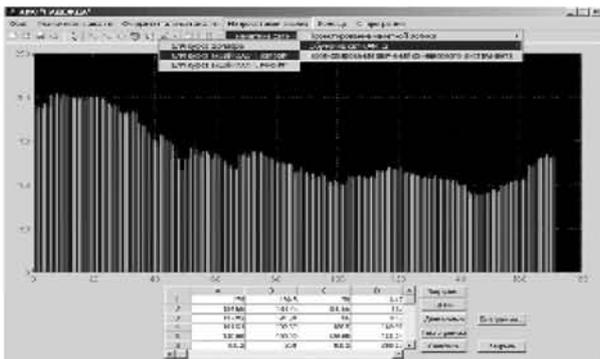


Рисунок 15 – Вызов диалогового окна обучения нейро-нечёткой сети типа ANFIS для курса акций ОАО «Газпром»



Рисунок 16 – Выбор обучающей последовательности

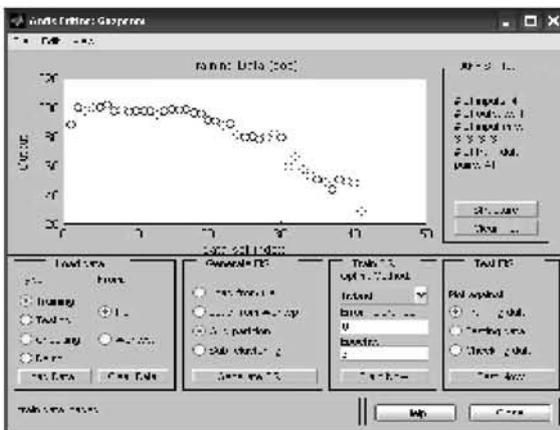


Рисунок 17 – Загруженная обучающая последовательность в ANFIS-редактор

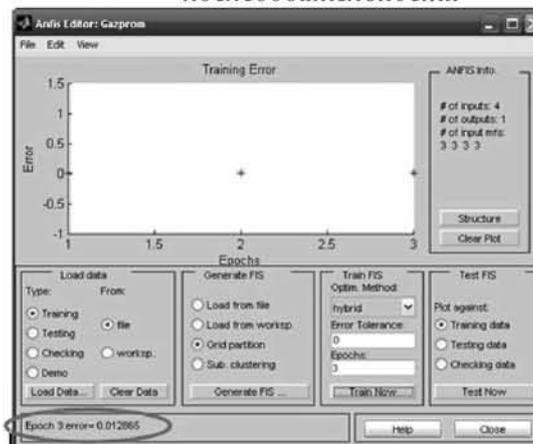


Рисунок 18 – Процесс обучения нейро нечёткой сети

Структура нейро-нечёткой продукционной сети представлена на рисунке 19.

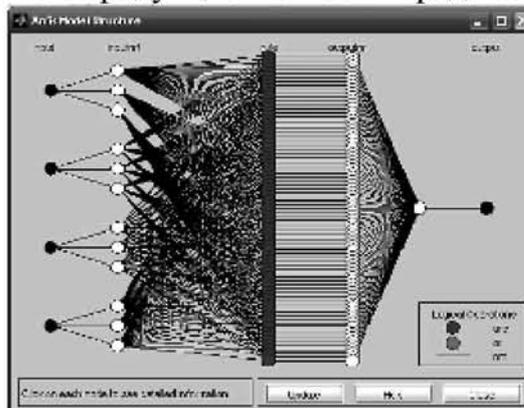


Рисунок 19 – Структура нейро-нечёткой продукционной сети

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГНОЗА

Приведём пример прогнозирования цены закрытия курса акций ОАО «Газпром» на пятый день по текущему и трем предыдущим дням (рис.20).

Согласно рисунку 5 реальная цена закрытия составляла на 5-й день ( $t=5$ ):  $y(4)=x(5)=178,9$ , а прогнозное значение –  $y_{np}(4) = 179,9202$ . Следовательно, относительная ошибка

$$\text{прогноза равна: } E_{np}(4) = \left| \frac{y_{np}(4) - y(4)}{y_{np}(4)} \right| = 0,0006$$

Выполним аналогичные вычисления для  $t=5, \dots, 22$ .

График относительных ошибок прогноза представлен на рисунке 21. Далее определяем среднюю относительную величину ошибки прогноза  $E$ .

$$E = \frac{1}{19} \sum_{t=4}^{19} E_{np}(t) = 0,00072$$



Рисунок 20 – Спрогнозированное значение

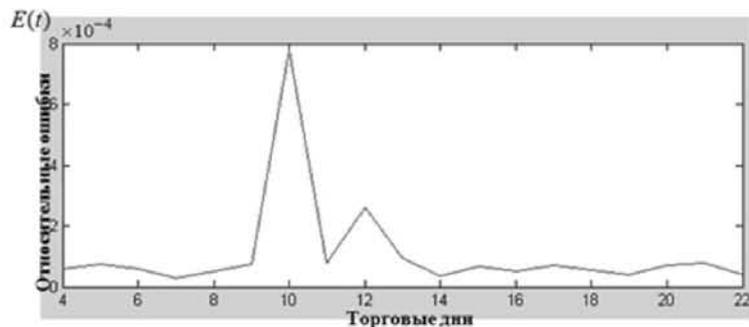


Рисунок 21 – График относительных ошибок прогноза

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье предложен способ прогнозирования ФВР на основе гибридных нейро-нечётких систем и представлена автоматизированная информационная система (АИС «НАДЕЖДА») для прогнозирования ФВР, написанная на встроенном языке программирования Matlab 2010a.

Экспериментальные исследования показали высокие результаты прогнозирования ФВР (котировки акций ОАО «Газпрома») со средней относительной ошибкой прогноза 0,00072.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев А. Официальное представление программного продукта Forecast Expert [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.marketing.spb.ru/soft/products/forecast\\_alexeev.htm](http://www.marketing.spb.ru/soft/products/forecast_alexeev.htm) (дата обращения: 11.01.2011).
2. Блюмин С.Л., Шуйкова И.А., Сараев П.В., Черпаков И.В. Нечеткая логика: алгебраические основы и приложения: монография. – Липецк: ЛЭГИ, 2002. – 113 с.
3. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечёткие модели и сети. – М.: Горячая линия-Телеком, 2007. – 284 с.
4. Бэстенс Д.Э., Ванн ден Берг В.-М., Вуд Д. Нейронные сети и финансовые рынки: принятие решений в торговых операциях. – Москва: ТВП, 1997. – 236 с.
5. Все о ценных бумагах для частного инвестора [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.stockportal.ru/main/useful/16> (дата обращения: 02.11.2010).
6. Ежов А.А., Шумский С.А. Нейрокомпьютинг и его применение в экономике и бизнесе. – М., 1998. – С. 222.
7. Ибраимова Т.Б. Прогнозирование тенденций финансовых рынков с помощью нейронных сетей / Труды VIII Всероссийской конференции «Нейрокомпьютеры и их применение». Сб. докл., 2002. – С. 745-755.
8. Капитонова Т.А. Нейросетевое моделирование в распознавании образов: философско-методические аспекты / Минск: Белорус. наука, 2009. – 131 с.

9. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.
10. Методы прогнозирования в индустрии гостеприимства: методическое пособие. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.rea.ru/hotel/it/Publications/Prognoz/prognoz.htm> (дата обращения: 15.10.2010).
11. Мэрфи Джон Дж. Технический анализ фьючерсных рынков: теория и практика. – М.: Диаграмма, 1998. – 592 с.
12. Нейросетевой анализ и прогнозирование. [Электронный ресурс]. – Информационно-аналитический портал о жизни денег. – URL: [http://www.forekc.ru/704/index\\_10.htm](http://www.forekc.ru/704/index_10.htm)
13. Петерс Э. Хаос и порядок на рынках капитала. Новый аналитический взгляд на циклы, цены и изменчивость рынка: пер. с англ. – М.: Мир, 2000. – 333 с.
14. Поляков Д.А. Применение фрактального анализа для исследования изменений структуры финансовых временных рядов / Системы управления навигации, 2009. – Выпуск 3(11).
15. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса. Новый диалог человека с природой. – М., 1986. – С. 372.
16. Свиридов А.П. Статистическая теория обучения. – М.: РГСУ, 2009. – 570 с.
17. Свиридов А.П., Губин М.О. Адаптивные нейро-нечёткие производственные системы прогнозирования финансовых временных рядов / Новые информационные технологии: сборник трудов XIII Всероссийской научно-технической конференции (Москва, 19 апреля 2010) // Под ред. С.Г. Журавлева, А.Г. Шмелевой. – М.: МГУПИ, 2010. – 166 с., 30-33 с.
18. Теория фрактального анализа временных рядов. [Электронный ресурс]. – URL: <http://fractals.narod.ru/intro.htm>.
19. Хакен Г. Синергетика. Иерархия неустойчивостей в самоорганизующихся системах и устройствах: пер. с англ. – М.: Мир, 1985.
20. Штовба С.Д. Введение в теорию нечетких множеств и нечёткую логику. [Электронный ресурс]: проектирование систем управления. – URL: [http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/1\\_7\\_5\\_7.php](http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/1_7_5_7.php) (дата обращения 13.01.2011).
21. Jang J.-S. R. ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System / IEEE Trans. Systems & Cybernetics, 1993. – Vol. 23. – P. 665-685.
22. Li Y.-M., Shi Z.K., Li Z.-H. Approximation theory fuzzy systems based upon genuine many-valued implication-MIMO cases / Fuzzy Sets and Systems, 2002. – V.130. – P.159-174.
23. Nauck D., Klawonn F., Kruse R. Foundations of Neuro-Fuzzy Systems. John Wiley & Sons, 1997. – 305 p.
24. Nells O., Fink A., Babuska R., Setnes M. Comparison of two construction algorithms for Takagi-Sugeno fuzzy models / International Journal of Applied Mathematics and Computer Science, 2000. – V.4. – №10. – P. 835-855.

**Губин Михаил Олегович**

Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики, г. Москва.

Аспирант

Тел.: (499) 244-91-10, 8 916 022 64 65

E-mail: [confmirea@yandex.ru](mailto:confmirea@yandex.ru)

---

M.O. GUBIN

## FORECASTING FRACTAL FINANCIAL TIME SERIES BY HYBRID NEURO-FUZZY SYSTEM

*The automated information system of forecasting financial time series (AIS «NADEZHDA») written on built in language Matlab 2010a and passed test tests and provided high indicators in forecasting financial time series (Open Society «Gazprom» quotation) is considered.*

**Keywords:** hybrid neural network; financial time series; technical analysis; neural analysis; fractal analysis.

### BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Alekseev A. Oficial'noe predstavlenie programmnoho produkta Forecast Expert [E'lektronny'j resurs]: 2002. – 2 s. – URL: [http://www.marketing.spb.ru/soft/products/forecast\\_alekseev.htm](http://www.marketing.spb.ru/soft/products/forecast_alekseev.htm) (data obrashheniya: 11.01.2011).

2. Blyumin S.L., Shujkova I.A., Saraev P.V., Cherpakov I.V. Nechyotkaya logika: algebraicheskie osnovy' i prilozheniya: monografiya. – Lipeck: LE'GI, 2002. – 113 s.
3. Borisov V.V., Kruglov V.V., Fedulov A.S. Nechyotkie modeli i seti. – M.: Goryachaya liniya-Telekom, 2007. – 284 s.
4. Be'ste'ns D.E., Vann den berg V.-M., Vud D. Nejronny'e seti i fonansovy'e ry'nki: prinyatie reshenij v trgovy'x operacijax. – Moskva: TVP, 1997. – 236 s.
5. Vsy o cenny'x bumagax dlya chastnogo investora [E'lektronny'j resurs]: URL: <http://www.stockportal.ru/main/useful/16> (data obrashheniya: 02.11.2010).
6. Ezhov A.A., Shumskij S.A. Nejrokompyuting i ego primenenie v e'konomike i biznese. – M., 1998. – S. 745-755.
7. Ibiraimova T.B. Prognozirovaniye tendencij finansovy'x ry'nkov s pomoshh'yu nejronny'x setej / Trudy' VIII Vserossijskoj konferencii «Nejrokompyutery' i ix primenenie». – Sb. dokl., 2002. – S. 745-755.
8. Kapitonova T.A. Nejrosetevoe modelirovaniye v raspoznanii obrazov: filisofsko-metodicheskie aspekty' / Minsk: Belorus. nauka, 2009. – 131 s.
9. Leonenkov A.V. Nechyotkoe modelirovaniye v srede Matlab i fuzzyTECH. – SPb.: BXV-Peterburg, 2005. – 736 s.
10. Metody' prognozirovaniya v industrii gostepriimstva: metodicheskoe posobie. [E'lektronny'j resurs]. – M., 2000. – 193 s. URL: <http://www.rea.ru/hotel/it/Publications/Prognoz/prognoz.htm> (data obrashheniya: 15.10. 2010).
11. Me'rfi Dzhon Dzh. Texnicheskij analiz fyuchersny'x ry'nkov: teoriya i praktika. – M.: Diagramma, 2998. – 592 s.
12. Nejrosetevoj analiz i prognozirovaniye. [E'lektronny'j resurs] Informacionno-analiticheskij portal o zhizni deneg. – URL: [http://www.forekc.ru/704/index\\_10.htm](http://www.forekc.ru/704/index_10.htm).
13. Peters E'. Haos i poryadok na ry'nkah kapitala. Novy'j analiticheskij vzglyad na cikly', ceny' i izmenchivost' ry'nka: per. s angl. – M.: Mir, 2000. – 333 s.
14. Polyakov D.A. Primeneniye fraktal'nogo analiza dlya issledovaniya izmenenij struktury' finansovy'x vremenny'x ryadov / Sistemy' upravleniya navigacii, 2009. – Vy'pusk 3(11).
15. Prigozhin I., Stengers I. Poryadok iz haosa. Novy'j dialog cheloveka s prirodoy. – M., 1986. – S. 372.
16. Sviridov A.P. Statisticheskaya teoriya obucheniya. – M.: RGSU, 2009. – 570 s.
17. Sviridov A.P., Gubin M.O. Adaptivny'e nejro-nechyotkie produkcionny'e sistemy' prognozirovaniya finansovy'x vremenny'x ryadov / Novy'e informacionny'e tekhnologii: sbornik trudov XIII Vserossijskoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii (Moskva, 19 aprelya 2010 g.) // Pod red. S.G. Zhuravlyova, A.G. Shmelevoj. – M.: MGUPI, 2010. – 166 s., 30-33 s.
18. Teoriya fraktal'nogo analiza vremenny'x ryadov. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://fractals.narod.ru/intro.htm>.
19. Xaken G. Sinergetika. Ierarxiya neustojchivostej v samoorganizuyushixsya sistemax i ustrojstvax: per. s angl. – M.: Mir, 1985.
20. Shtovba S.D. Vvedeniye v teoriyu nechyotkix mnozhestv i nechyotkuyu logiku. [E'lektronny'j resurs]: proektirovaniye sistem upravleniya. – URL: [http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/1\\_7\\_5\\_7.php](http://matlab.exponenta.ru/fuzzylogic/book1/1_7_5_7.php) (data obrashheniya 13.01.2011).
21. Jang J.-S. R. ANFIS: Adaptive-Network-Based Fuzzy Inference System / IEEE Trans. Systems & Cybernetics, 1993. – Vol. 23. – P. 665-685.
22. Li Y.-M., Shi Z.K., Li Z.-H. Approximation theory fuzzy systems based upon genuine many-valued implication-MIMO cases / Fuzzy Sets and Systems, 2002. – V.130. – P.159-174.
23. Nauck D., Klawonn F., Kruse R. Foundations of Neuro-Fuzzy Systems. John Wiley & Sons, 1997. – 305 p.
24. Nells O., Fink A., Babuska R., Setnes M. Comparison of two construction algorithms for Takagi-Sugeno fuzzy models / International Journal of Applied Mathematics and Computer Science, 2000. – V.4. – №10. – P. 835-855.

И.Я. ДОРОШЕНКО

## КОНЦЕПЦИЯ ХРАНИЛИЩА УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ - СИБГТУ

*В статье представлена концепция организации хранилища учебно-методических материалов в учебном заведении на примере Сибирского государственного технологического университета. В качестве средства получения аналитической информации о процессе обучения рассматривается технология OLAP.*

**Ключевые слова:** анализ данных; хранилище данных; аналитический отчет.

Современное ведение образовательного процесса невозможно без современных средств мониторинга. В Сибирском государственном технологическом университете (СибГТУ), как и в любом другом образовательном учреждении, накапливается большое количество различных данных об учебном процессе и сопутствующей информации. Анализ этого материала представляется полезным для исследования динамики учебного процесса, выявления скрытых закономерностей в обучении, составления периодических отчетов. Существуют различные пути анализа такой информации: встроенные отчеты приложений управляющих учебным процессом, экспорт в специализированную или стандартную базу данных и анализ внешними средствами. В данной концепции предлагается интегрированное решение задач сбора и обработки информации путем создания хранилища учебно-методических материалов.

Одной из проблем на текущий день является обилие информационных систем в образовательном процессе учебного заведения, никак не связанных друг с другом. Зачастую подсистема тестирования, электронный журнал, рейтинговая система и подсистема деканата являются совершенно разными приложениями, базирующимися на разнородных СУБД. Это влечет за собой трудность (а иногда и невозможность) интеграции данных из этих приложений. Главная цель хранилища – обеспечение хранения и обработки материалов, касающихся образовательного процесса, в одном месте (так называемый «принцип одного окна» в приложении к информационным системам).

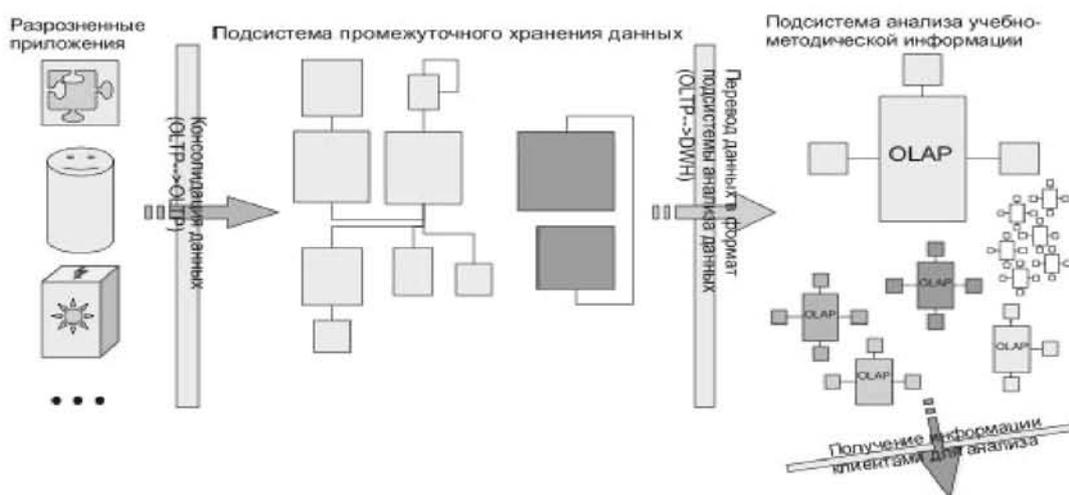


Рисунок 1 – Схема логических блоков ХРУММ

В хранилище предлагается консолидировать информацию из различных источников, в том числе, из баз данных управляющих учебным процессом систем, виртуальных лабораторий, подсистем работы деканата, электронных учебно-методических комплексов дисциплин, банков тестовых заданий, модульно-рейтинговых систем и т.д. Содержание информации в едином хранилище делает возможным объединение в одном аналитическом

отчете данных, полученных из разных источников. На рисунке 1 представлена схема хранилища учебно-методической информации. Схема отображает логическую связь компонентов хранилища и ориентирована на результат, получаемый после внедрения. Под разрозненными приложениями при этом понимаются информационные системы, данные которых необходимо объединить для хранения и обработки. Например, в СибГТУ находятся в эксплуатации информационные системы «Электронная лаборатория» [1], «Редакционно-издательский центр» [2], подсистема тестирования и другие подобные системы. При этом, имея в наличии данные только из «Электронной лаборатории», можно наблюдать индивидуальную траекторию учащегося за текущий учебный период в рамках одной из дисциплин. С появлением хранилища становится возможным анализировать данные за всю историю наблюдений, сравнивать эффективность работы по разным предметам, увидеть «реакцию» студентов на смену преподавателя или на возможно возросшую эффективность самостоятельной работы студентов после появлении новой книги в библиотеке.

На этапе консолидации данных происходит перенос информации из разнородных баз данных различных приложений в подсистему промежуточного хранения данных (ППХД). Именно на этом этапе происходит «очистка» данных (к примеру, дата может храниться в различных форматах: «12 март 2008», «12\03\08», «2008\03\12»). До переноса в хранилище информация преобразуется к единому формату хранения, при возможности устраняются ошибки, которые могут повлиять на обработку данных. Этим этапом нельзя пренебрегать, потому что от данной системы будут зависеть видимые пользователем элементы, например, формат вывода ФИО учащихся. Этап консолидации данных выполняется ETL-системой (Extract, Transform and Load) [3]. Операция заканчивается, когда все данные или нужное их количество (например, с какого-либо временного момента) поступили в подсистему промежуточного хранения. Этот этап выполняется каждый раз при переносе данных из внешних источников, через промежутки времени, не позволяющие данным в подсистеме промежуточного хранения заметно устаревать.

### **ПОДСИСТЕМА ПРОМЕЖУТОЧНОГО ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ**

После извлечения из разнородных СУБД, трансформации и очищения от ошибок данные попадают в подсистему промежуточного хранения. Подсистема не зависит от внешних источников, данные в ней самодостаточны и содержат всё необходимое для обработки и анализа. Эта система имеет структуру обычной базы данных для удобства добавления информации из сторонних БД и простоты объединения информации. Такая структура удобна для дальнейшей выборки из неё массива данных и помещения в подсистему анализа. Однако, если на этапе ввода информационной системы в эксплуатацию подсистема анализа по какой-либо причине не может быть задействована, сохраняется возможность использовать стандартные средства анализа данных из реляционного источника. Это позволит очень быстро (в сравнении с «полноценными» серверными решениями) создать средство для OLAP-анализа данных и получения отчетов. Однако, нельзя не отметить, что такое средство будет весьма ощутимо проигрывать в быстрой реакции по сравнению с серверными системами. Кроме того, сама возможность получения результата до финала постройки подсистемы анализа данных создаст эффект обратной связи и поможет более точно настроить последнюю.

Для переноса данных из подсистемы промежуточного хранения в подсистему анализа предназначена еще одна ETL-система. Она осуществляет перевод данных из структуры промежуточного хранилища в формат, требующийся для обработки. С программной точки зрения этот этап выполняется той же системой консолидации данных, которая описана выше, но имеющей другие настройки. Трансфер данных для выполнения промежуточного анализа данных будет выполняться как ETL-системой, так и отдельными хранимыми процедурами, физически находящимися в подсистеме промежуточного хранения.

### **ПОДСИСТЕМА АНАЛИЗА ДАННЫХ**

Использование аналитических отчетов делает возможным автоматически получать

как простую информацию о процессе обучения, например, динамику сдачи задач, так и более сложную: разделение группы студентов на кластеры, выявление наиболее сложных для понимания задач, влияние корректирующих действий преподавателя на отдельных учащихся или группу в целом. Одним из средств получения аналитических отчетов при этом является OLAP [4]. Конечно, некоторую аналитическую информацию можно получить и с помощью электронных таблиц, однако OLAP – гораздо более мощное, гибкое средство, делающее процесс анализа достаточно легким и интуитивно понятным.

В подсистеме анализа данные должны быть представлены в той форме, которая является наиболее подходящей для проведения анализа. Отметим, что при этом планируется независимость подсистемы анализа от подсистемы промежуточного хранения. Это даст возможность физически разнести данные, которые могут быть представлены как в реляционном виде, так и в виде специального MOLAP-хранилища (Multidimensional OLAP – внутренняя структура хранения многомерных данных, используемая, например, в Microsoft SQL Server Analysis Services). С целью увеличения быстродействия будет реализовано несколько OLAP-кубов с различными достаточно узконаправленными представлениями предметной области.

Для реализации тестового внедрения в СибГТУ подсистема анализа будет организована на той же СУБД, что и подсистема промежуточного хранения. Клиентом в данном случае может выступать приложение электронной таблицы при условии наличия функции сводной таблицы из источников ODBC, например, MS Excel или OO.o Calc. Обработка данных при таком подходе выполняется «на лету» в памяти клиента. Таким образом, работает схема ROLAP (Relational OLAP) на основе данных из реляционной СУБД, которой в нашем случае выступает Firebird.

## **ВЫВОДЫ**

Можно отметить, что в последние годы намечается внедрение технологии OLAP во все большее число компаний и учреждений. Это становится возможным вследствие постоянного наращивания вычислительной мощности компьютеров и развития систем управления базами данных. Хранилище учебно-методических материалов, представленное в концепции, использует данную технологию и предназначено для улучшения качества мониторинга процесса обучения путём автоматизации функций, которые ранее реализовались вручную с помощью журналов или электронных таблиц.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Дорошенко И.Я., Товбис Е.М. Электронная лаборатория. – Сборник материалов III Международной научно-практической конференции «Интеллектуальные технологии в образовании, экономике и управлении-2006» (Воронеж, 2 декабря 2006 г.). – Воронеж: Воронежская областная типография. – Изд-во им. Е.А. Болховитинова, 2006. – 419 с.
2. Гриценко Е.М., Шмигирилова Н.В. Проектирование и разработка системы учёта объектов интеллектуальной собственности. Подсистема. Редакционно-издательские материалы. – Сборник материалов 7-й Всероссийской конференции по теоретическим основам проектирования и разработке распределённых информационных систем «ПРИС-2009». Изд-во СибГТУ, 2009. – 204 с.
3. Data Warehousing Review. Data Cleansing for Data Warehousing [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.dwreview.com/Articles/Data\\_Cleansing.html](http://www.dwreview.com/Articles/Data_Cleansing.html).
4. Елманова Н., Фёдоров А. Введение в OLAP-технологии Microsoft. – Изд.: Диалог-МИФИ, 2002. – 272 с.

**Дорошенко Игорь Ярославович**

Сибирский государственный технологический университет, г. Красноярск

Аспирант кафедры «Информационные технологии»

Тел.: 8 913 568 40 34

E-mail: [doroshenko.igor@gmail.com](mailto:doroshenko.igor@gmail.com)

I.Ya. DOROSHENKO

**CONCEPTION OF ORGANIZATION STORAGE OF EDUCATIONAL DATA  
IN SIBSTU**

*This article describes conception of organization storage of educational data in university, as an example of Siberian State Technological University. OLAP is used as instrument to obtain analytic information.*

**Keywords:** *data analysis; data warehouse; analytical report.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Doroshenko I.Ya., Tovbis E.M. E'lektronnaya laboratoriya. – Sbornik materialov III Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Intellektual'ny'e tehnologii v obrazovanii, e'konomie i upravlenii-2006» (Voronezh, 2 dekabrya 2006 g.). – Voronezh: Voronezhskaya oblastnaya tipografiya. – Izd-vo im. E.A. Bolxovitinova, 2006. – 419 s.
2. Gricenko E.M., Shmigirilova N.V. Proektirovanie i razrabotka sistemy' uche'ta ob''ektov intellektual'noj sobstvennosti. Podsystema. Redakcionno-izdatel'skie materialy'. – Sbornik materialov 7-j Vserossijskoj konferencii po teoreticheskim osnovam proektirovaniya i razrabotke raspredelyanny'x informacionny'x sistem «PRIS-2009». Izd-vo SibGTU, 2009. – 204 s.
3. Data Warehousing Review. Data Cleansing for Data Warehousing [Электронный ресурс] – URL: [http://www.dwreview.com/Articles/Data\\_Cleansing.html](http://www.dwreview.com/Articles/Data_Cleansing.html)
4. Elmanova N., Fyodorov A. Vvedenie v OLAP-tehnologii Microsoft. – Izd.: Dialog-MIFI, 2002. – 272 s.

УДК 378.4

Т.П. КОСТЮКОВА, И.А. ЛЫСЕНКО

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫМИ РИСКАМИ В УЧРЕЖДЕНИИ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

*В статье на основе выявленных внешних и внутренних рисков образовательного учреждения (ОУ) изложен подход по управлению рисками в ОУ, предложена модель и алгоритм для реализации функции управления образовательными рисками.*

*Ключевые слова:* образовательное учреждение; внешние риски; внутренние риски; оценка рисков; управление рисками.

### ВВЕДЕНИЕ

Образование является одной из важнейших подсистем социальной сферы государства, именно уровень и качество образования — определяющие факторы сохранения отечественных культурных традиций, развития духовного потенциала общества, экономического роста страны.

Сегодня высшие учебные заведения стали полноправными субъектами рыночной экономики, получив право самостоятельно определять направления своего развития, цели и методы их достижения. Повысились требования общества к качеству образования, кардинально обновляются технологии обучения, быстро меняются организационные и экономические условия деятельности ВУЗов, обостряется конкурентная борьба на рынке образовательных услуг, постоянно меняется позиция государства по отношению к высшей школе. В настоящее время государство не является главным и единственным финансистом высшего образования. Возникли разные группы заказчиков и потребителей образовательных услуг со своими финансовыми возможностями, запросами и интересами. Появились и успешно развиваются негосударственные ВУЗы, что приводит к конкуренции по ряду конъюнктурных специальностей. Рост самостоятельности и свободы ВУЗов привел к росту ответственности ВУЗов за эффективность своей деятельности. Направленность многих ВУЗов на выживание требует серьезных изменений в процессах управления ВУЗом, для решения задач адаптации, выживания и развития в новых условиях ВУЗы должны не только постоянно отслеживать состояние рынка образовательных услуг и оценивать свое положение на этом рынке, но и применять методы прогнозирования развития рынка, разрабатывать альтернативные варианты своего будущего поведения в зависимости от изменения внешней среды, т.е. использовать стратегические подходы в регулировании своей деятельности [1].

Каждое управленческое решение в своем роде уникально, однако можно отметить ряд общих ограничений и требований к принятию любого решения:

- отсутствие необходимых материальных ресурсов;
- наличие сотрудников определенной квалификации;
- изменения в нормативно-законодательной базе;
- отсутствие полной и достоверной информации о решаемой проблеме;
- уровень полномочий и компетенции руководителя, принимающего решение;
- элементы случайности и пр.

В подобных условиях возникает неясность, а за ней — и неуверенность в получении ожидаемого конечного результата. Растет возможность появления дополнительных затрат и потерь. Все это находит отражение в толковании слова «риск».

Риск-менеджмент привлекает особое внимание как теоретиков, так и практиков. Глобализация образовательных услуг стала толчком к росту инвестиций (как прямых, так и косвенных, например, через заказ на подготовку определенного количества выпускников). В результате финансовые инвестиции являются одновременно и источником риска и способом его сглаживания. Актуальность риск-менеджмента в нашей стране является следствием нестабильности экономики.

Стратегия управления рисками оперирует экономической, политической, правовой, а также технологической и производственной составляющей риска, что приводит к формированию корпоративного риска. Данный подход заключается в том, что высшее руководство координирует управление рисками, а каждый сотрудник осуществляет действия в рамках своих обязанностей, т.е. появляется система, способная анализировать различные факторы риска в единой интегрированной среде. Таким образом, в современных условиях оценка риска является составным элементом теоретической базы принятия решений в условиях рыночной экономики.

### **УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ В ВУЗЕ**

Сфера высшего профессионального образования достаточно специфическая область, для нее характерны свои особые риски. При этом с точки зрения наличия риска особый интерес представляет деятельность ВУЗа в контексте качества образования (качества подготовки специалистов). При этом следует учитывать, что к определению качества высшего образования необходим многосторонний подход, в котором затрагиваются как внешние, так и внутренние цели, стоящие перед высшим образованием. Оно должно соответствовать установленным стандартам и нормам, быть обеспеченным необходимыми качественными ресурсами (образовательные программы, кадровый потенциал, контингент абитуриентов, материально-техническое обеспечение, финансы и т. д.) При соблюдении этих аспектов качества важную роль играет качество образовательных процессов (научная и учебная деятельность, управление, образовательные технологии и т.д.), непосредственно реализующих (обеспечивающих) подготовку специалистов. Наконец, еще одним элементом оценки качества образования является качество результатов деятельности ВУЗа (текущие и итоговые результаты обучения студентов, характеристики карьерного роста выпускников и т.д.) [2].

Потребителем продукта образовательной деятельности ВУЗа является рынок труда, предъявляющий жесткие условия к рынку образовательных услуг, образование обретает значение важнейшего фактора, обеспечивающего человеку социальный статус и общественное признание, поэтому важно учитывать не только влияние факторов внутренней среды образовательных учреждений (ОУ), но и внешней среды, оказывающей не меньшее воздействие на конъюктуру рынка образовательных услуг и эффективность деятельности ВУЗа (рис. 1).

Применение технологического подхода к образовательной деятельности [3] позволяет выбирать и разрабатывать наиболее эффективные технологии при решении возникающих социально-педагогических проблем в ВУЗе, с большей определенностью предсказывать результаты и управлять деятельностью ВУЗа.

Сегодня очевидно, что те принципиальные основы построения образования, с успехом реализовавшиеся ранее, не соответствуют вызовам новейшего времени. В качестве методологического подхода, позволяющего выработать решение многих проблем образования в ВУЗе, выступает подход, основанный на концепции интегрированной информационной среды образовательного пространства ВУЗа, целью которой является обеспечение информатизации системы образования и науки и выход на современный уровень развитых стран. Интегрированная информационная среда – это взаимодействие, объединение отдельных элементов системы образования между собой с целью получения нового качества, недостижимого при наличии отдельных компонент, за счет организации их в систему [4].

Проявления риска могут быть различными, его виды многообразны. Наряду с общими для всех сфер деятельности видами рисков существуют профессиональные риски, свойственные только тому или иному виду человеческой деятельности. Образование – достаточно специфическая область, для которой характерны свои особые риски, отличные от тех, которые традиционно рассматриваются в теории риск – менеджмента, поэтому важно не только идентифицировать риски образовательной деятельности, но и систематизировать их,

осуществлять их анализ, взаимозависимость между собой и степень влияния на достижение главной цели ВУЗа – оказание качественных образовательных услуг.

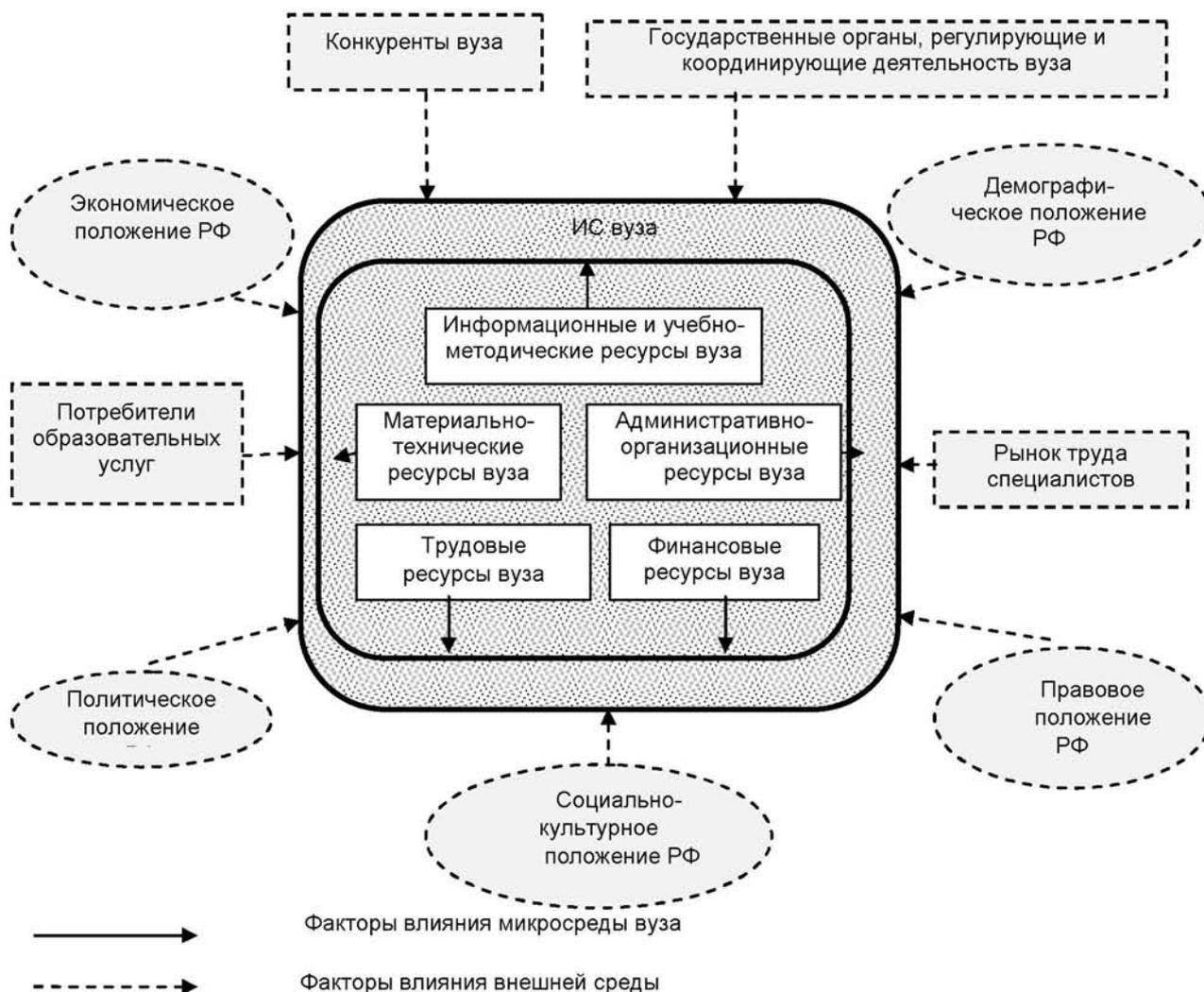


Рисунок 1 – Факторы, влияющие на деятельность ВУЗа

Большинство передовых ОУ внедряют свою систему оценки и управления рисками, при этом они сталкиваются со значительными трудностями.

Основными проблемами являются:

- отсутствие стандартизированных методик и затруднение адаптации используемых;
- отсутствие сравнительной базы экономических показателей;
- отсутствие специалистов и структур по управлению рисками.

В соответствии с представленной [5] классификацией рисков ОУ в таблице 1 выделены основные внутренние и внешние риски ОУ, влияющие на качество подготовки выпускников ВУЗа и предложена модель управления рисками образовательных организаций (рис. 2). Для реализации функции управления риском в ОУ целесообразно осуществлять эту функцию с помощью специальной подсистемы в системе управления ВУЗом или специализированного подразделения в организационной структуре ВУЗа, которое на основе полученной информации с использованием различных методов теории риска разрабатывает мероприятия для снижения уровня риска или удержания его в допустимых пределах Подсистема управления риском состоит из объекта и субъекта управления. В качестве управляемого объекта выступает ВУЗ, его отношения с внешней средой, действующие в ВУЗе информационные потоки. Управляемой переменной является уровень

риска, управляющей частью или субъектом.

Таблица 1 – Риски образовательного учреждения

<b>Внешние риски</b>	<b>Внутренние риски</b>
Переход на новую систему финансирования	Обеспечение должного уровня качества образовательных услуг
Уменьшение бюджетной составляющей финансирования	Несоответствие предлагаемого набора образовательных услуг требованиям рынка
Экономический кризис	Недостаточный контингент студентов 1 курса
Конкуренция ВУЗов	Высокая цена образовательных услуг
Сокращение контингента студентов	Неэффективность работы PR-служб
Изменение конъюнктуры рынка труда	Имидж ОУ на рынке
Недофинансирование или задержка финансирования из Федерального бюджета	Повышение статуса ОУ за счет развития сети филиалов
Сокращение объемов финансируемых хоздоговорных и госбюджетных НИР	Снижение качества образования в ОУ за счет развития сети филиалов
Переход учреждений бюджетной сферы на новую систему оплаты труда	Структура управления образовательным учреждением
Изменение психологического климата в обществе	Недостаточное развитие материальной базы
Изменение законодательства РФ в области образования (переход на уровневую систему образования)	Неэффективная кадровая политика (повышение квалификации преподавателей, программы обмена преподавателями, привлечение сторонних специалистов и др.)
Зависимость от мировых тенденций	Низкий уровень заработной платы и социального пакета сотрудников
Изменение формы собственности ВУЗа	Неэффективное использование внебюджетных средств

На сегодняшний день рынок информационных технологий предлагает большое количество программных продуктов для управления ВУЗом, но в составе таких систем подсистема управления риском отсутствует.

Внедрение подсистемы управления рисками в ВУЗе на основе предложенной модели позволит:

- выявить и описать риски ВУЗа;
- провести количественную и качественную оценку рисков;
- сформировать реестр рисков ВУЗа;
- выбрать способы и методы реагирования на риски;
- детально проработать мероприятия по управлению рисками;
- организовать регулярный мониторинг выявленных рисков и контроль выполнения мероприятий по управлению рисками;
- формировать регулярную отчетность по рискам.

На рисунке 3 приведена блок-схема алгоритма управления риском в системе управления ВУЗом.

Для каждой группы рисков в соответствии с моделью управления рисками образовательных учреждений (рис. 2) вырабатываются свои пути решения, т.е. методы управления данными рисками. В условиях нестабильной экономики в связи с падением платежеспособного спроса населения, демографической ямы, комплектование ВУЗа необходимым количеством студентов подвержено значительному риску, в связи с этим приведен пример нейтрализации внутреннего риска ВУЗа (табл. 1) «Недостаточный контингент студентов 1 курса», для чего разработана [6] модель оптимизации плана приема студентов на 1 курс обучения.

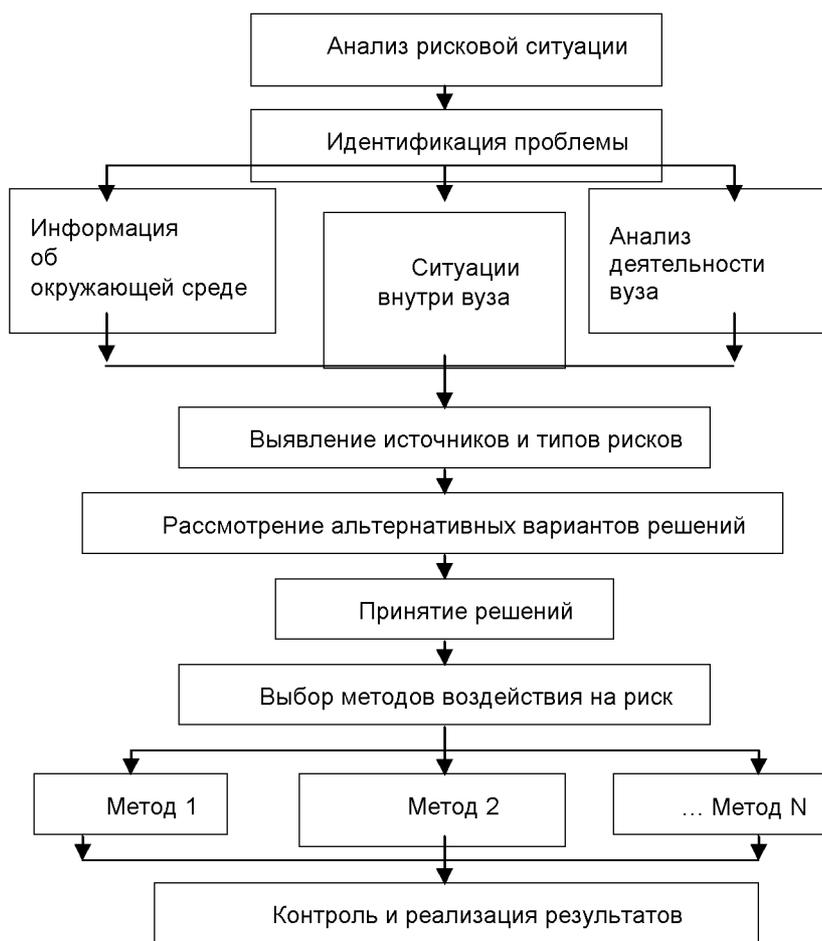


Рисунок 2 – Модель управления рисками образовательных организаций

При условии приема ВУЗом на  $N$  специальностей на бюджетной и коммерческой основах согласно лицензии может быть принято  $M$  человек, из них  $m$ - на бюджетной основе.

Ожидаемая прибыль  $R_j$  от приема студентов на  $j$ -ю специальность может быть определена как

$$R_j = Q_j - C_j * b_j^*$$

где  $Q_j$  – доход ВУЗа (кафедры);

$C_j$  – переменные затраты на подготовку специалиста на  $j$ -й специальности;

$b_j^*$  – спрос на  $j$ -ю специальность.

$$b_j^* = \begin{cases} b_j, & b_j < x_j \\ b_j, & x_j \leq b_j \leq (x_j + y_j) \\ x_j + y_j, & b_j > (x_j + y_j) \end{cases}$$

$$Q_j = \begin{cases} S_{bj}^* b_j, & b_j < x_j \\ S_{bj}^* x_j + S_{kj}^* (b_j - x_j), & x_j \leq b_j \leq (x_j + y_j) \\ S_{bj}^* x_j + S_{kj}^* y_j, & b_j > (x_j + y_j) \end{cases}$$

где  $S_{bj}$  – средства, выделяемые на одного бюджетного студента  $j$ -й специальности;  $x_j$  – количество бюджетных мест, выделенных на  $j$ -ю специальность;  $S_{kj}$  – плата за обучение одного студента на коммерческой основе на  $j$ -й специальности;  $y_j$  – количество коммерческих мест, выделенных на  $j$ -ю специальность;

Доход ВУЗа от приема студентов на  $N$  специальностей определяется по формуле:

$$\sum_{j=1}^N R_j = \sum_{j=1}^N Q_j - \sum_{j=1}^N C_j * b_j^* - K,$$

где переменная  $K$  – постоянные издержки ВУЗа на организацию учебного процесса, с учетом следующих ограничений:

$$\sum_{j=1}^N x_j \leq m, \quad \sum_{j=1}^N (x_j + y_j) \leq M$$

Задача оптимизации плана приема студентов на первый курс сводится к оптимизации целевой функции – ожидаемой прибыли  $R_j$  и нахождению оптимального контингента студентов, что позволит нейтрализовать рисковую ситуацию «Недостаточный контингент студентов 1 курса» (табл. 1). От контингента студентов первого курса обучения зависит общий контингент студентов ВУЗа, что в свою очередь влияет на штатное расписание профессорско-преподавательского состава, суммарную нагрузку преподавателей, количество групп и потоков, объем средств, поступающих от обучения коммерческих студентов.

### ВЫВОДЫ

1. Выявлена актуальность управлением рисками при оказании образовательных услуг ВУЗом, выделены основные внутренние и внешние риски ОУ, влияющие на качество подготовки выпускников ВУЗа.

2. Предложена модель и алгоритм управления рисками ОУ, обеспечивающие учет влияния рисков в системе управления ВУЗом и способствующие повышению оперативности и качеству управления ВУЗом.

3. Предложена математическая модель оптимизации плана приема студентов на 1 курс для нейтрализации риска «Недостаточный контингент студентов 1 курса».

Таким образом, нестабильность уровня спроса и предложения, постоянно ужесточающаяся конкуренция, опережающие темпы развития техники и технологии, неконтролируемая инфляция, а также многие другие негативные факторы, характерные для текущего состояния российской экономики, создают условия возникновения риска в деятельности ВУЗа, поэтому основным и неперемным условием нормального функционирования и развития ВУЗа является умение ее высшего руководства на строго научной основе осуществлять прогнозирование и управление рисками.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аксенов К.А., Клебанов Б.И., Гончарова Н.В. Применение средств имитационного моделирования в системе стратегического управления ВУЗом / Университетское управление. – 2004. – № 2(30). – С. 54-57.
2. Никитина Н.Ш., Щеглов П.Е. Качество высшего образования. Риски при подготовке специалистов / Университетское управление: практика и анализ. – 2003. – №1. – С. 44-49.
3. Костюкова Т.П., Лысенко И.А. Технологический подход в образовательной деятельности / Информационная среда ВУЗа XXI века: материалы II Всероссийской научно-практической конференции (15-18 сентября 2008 года). – Петрозаводск: ПетрГУ, 2008. – С. 96-98.
4. Костюкова Т.П., Лысенко И.А. Информационно-образовательное пространство современного ВУЗа. Научный журнал «Известия ОрелГТУ. Серия «Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии: информационные системы и технологии». – 2008. – №1. – 4/269(544). – С. 47-51
5. Костюкова Т.П., Лысенко И.А. Концепция оценки рисков в образовательной деятельности ВУЗа / Информатика: проблемы, методология, технологии. Материалы Девятой международной научно-методической конференции (12-13 февраля 2009 года). – Воронеж: Издательско-полиграфический центр ВГУ, 2009. – Т.1. – С. 363-366.
6. Костюкова Т.П., Лысенко И.А. Теоретические основы информатизации управления ВУЗом на примере оптимизации плана приема студентов / Университеты в образовательном пространстве региона: опыт, традиции и инновации. Материалы научно-методической конференции (21-23 ноября 2007 года). – Часть 1. – Петрозаводск, 2007. – С. 184-187.

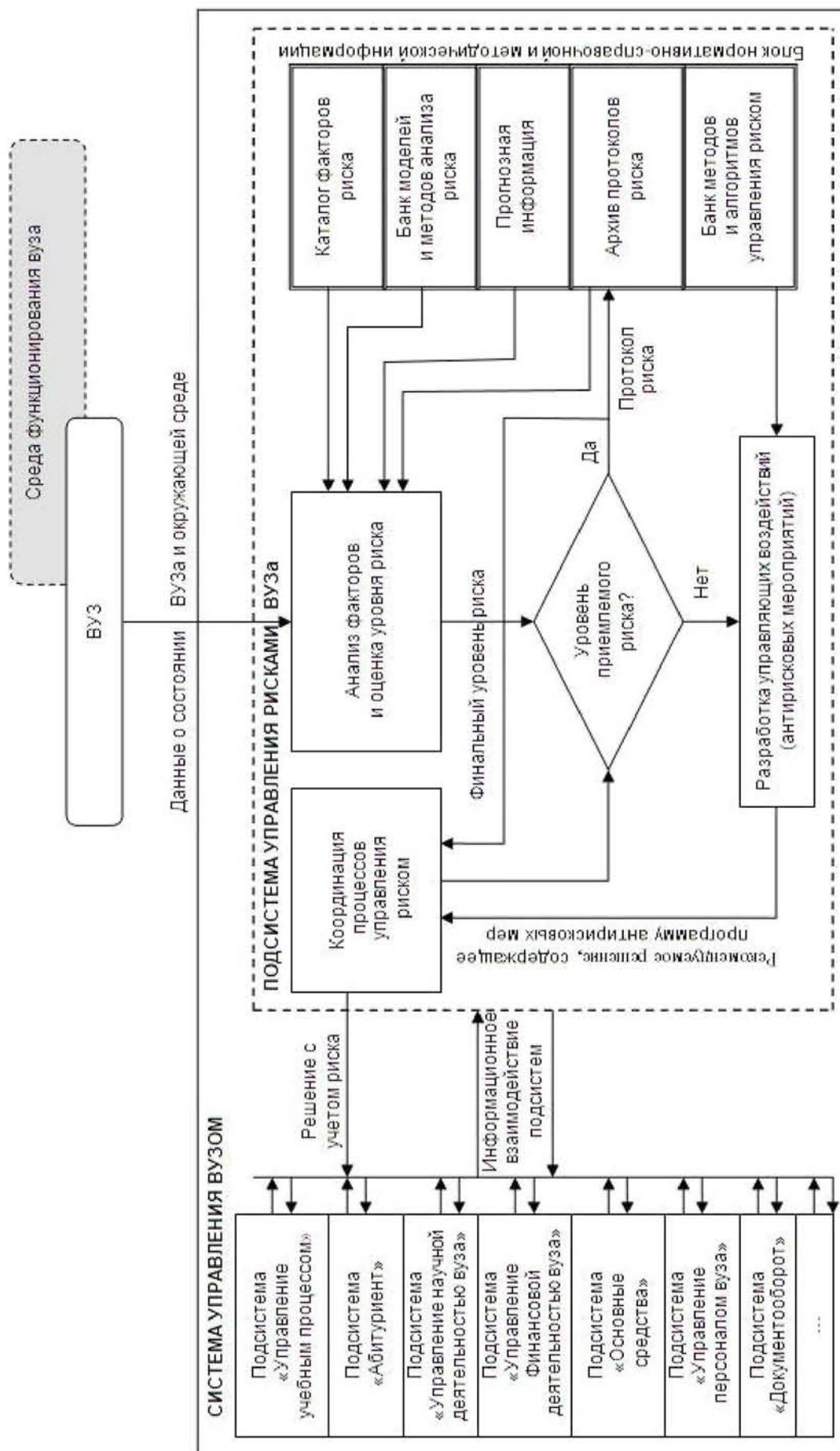


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма управления рисками в системе управления ВУЗОм

**Костюкова Татьяна Петровна**

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа  
Доктор технических наук, профессор, профессор кафедры экономической информатики  
Тел.: (3472) 72-40-35  
E-mail: [ktp@ufanet.ru](mailto:ktp@ufanet.ru)

**Лысенко Ирина Алексеевна**

Уфимский государственный авиационный технический университет, г. Уфа  
Ст. преподаватель кафедры экономической информатики  
Тел.: (3472) 72-40-35  
E-mail: [a\\_lysenko@pochta.ru](mailto:a_lysenko@pochta.ru)

---

T.P. KOSTYUKOVA, I.A. LYSENKO

**CONTROL SYSTEM FOR RISK MANAGEMENT IN EDUCATIONAL  
ESTABLISHMENT OF HIGHER EDUCATION**

*In the article is presented the approach the risk management in educational establishment ([OU]), based on identified external and internal risks of OU, proposed the model and algorithm for implementing risk management in education.*

**Keywords:** *educational of establishmen; external risks; internal risks; the estimation of risks; risk management.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Aksyonov K.A., Klebanov B.I., Goncharova N.V. Primenenie sredstv imitacionnogo modelirovaniya v sisteme strategicheskogo upravleniya VUZom / Universitetskoe upravlenie. – 2004. – №2(30). – S. 54-57.
2. Nikitina N.Sh., Shheglov P.E. Kachestvo vy'sshogo obrazovaniya. Riski pri podgotovke specialistov / Universitetskoe upravlenie: praktika i analiz. – 2003. – №1. – S.44-49.
3. Kostyukova T.P., Ly'senko I.A. Tekhnologicheskij podxod v obrazovatel'noj deyatel'nosti / Informacionnaya sreda VUZa XXI veka: materialy' II Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii (15-18 sentyabrya 2007 goda). – Petrozavodsk: PetrGU, 2008. – S. 96-98.
4. Kostyukova T.P., Ly'senko I.A. Informacionno-obrazovatel'noe prostranstvo sovremennogo VUZa. Nauchny'j zhurnal «Izvestiya OryolGTU. Seriya «Fundamental'ny'e i prikladny'e problemy' tekhniki i tekhnologii: informacionny'e sistemy' i tekhnologii». – 2008. – №1. – 4/269(544). – S. 47-51.
5. Kostyukova T.P., Ly'senko I.A. Konceptiya ocenki riskov v obrazovatel'noj deyatel'nosti VUZa / Informatika: problemy', metodologiya, tekhnologii. Materialy' Devyatoj mezhdunarodnoj nauchno-metodicheskoy konferencii (12-13 fevralya 2009 goda). – Voronezh: Izdatel'sko-poligraficheskij centr VGU, 2009. – T.1. – S. 363-366.
6. Kostyukova T.P., Ly'senko I.A. Teoreticheskie osnovy' informatizacii upravleniya VUZom na primere optimizacii plana priyoma studentov / Universitety' v obrazovatel'nom prostranstve regiona: opyt, tradicii i innovacii. Materialy' nauchno-metodicheskoy konferencii (21-23 noyabrya 2007 goda). – Chast' 1. – Petrozavodsk, 2007. – S. 184-187.

А.С. ПЛАТОНОВА, А.В. САМОХИН

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ: АРХИТЕКТУРА, МОДЕЛЬ И СТРУКТУРА БАЗЫ ДАННЫХ**

*Данная статья посвящена построению информационной системы контроля и оценки знаний, умений, навыков и характеристик личностного развития учащихся. Разработана общая архитектура системы. Создана, проанализирована и формализована модель разрабатываемой системы, построена логическая модель системы, которая затем реализована в виде реальных объектов реляционной базы данных.*

*Ключевые слова:* знания; умения и навыки; характеристики личностного развития; интегральная характеристика учащегося; информационная система; архитектура; функциональная модель; реляционная база данных.

### **ВВЕДЕНИЕ**

Информатизация образования, происходящая на современном этапе развития общества, бурное внедрение передовых информационных технологий в образовательную деятельность школы открывают новые возможности и перспективы для повышения качества образовательной подготовки учащихся. Стремительно развивающаяся информационно-образовательная среда современной школы, физической основой которой является школьная компьютерная сеть, охватывает целый спектр задач. К числу таких задач и относится оценивание результатов образования как один из важнейших компонентов профессиональной деятельности учителя и учебной деятельности учащегося, являющийся важнейшим фактором, организующим, направляющим и стимулирующим развитие ученика.

Недостатки традиционного оценивания знаний, умений и навыков, разработка образовательных стандартов второго поколения, смена образовательной парадигмы поднимают проблему совершенствования контрольно-оценочной деятельности в школе. Контролю и оцениванию подлежит целый комплекс параметров. В отсутствие информационной поддержки процесс традиционной контрольно-оценочной деятельности является трудоемким и недостаточно эффективным с точки зрения управления образовательной деятельностью по результатам оценки достижений учащихся. Поэтому актуальными становятся вопросы формализации данных процессов и разработки информационной системы (ИС) поддержки контроля и оценки результатов образовательной деятельности учащихся.

### **КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И ХАРАКТЕРИСТИК ЛИЧНОСТНОГО РАЗВИТИЯ УЧАЩИХСЯ**

Согласно модели учебных и личностных достижений учащихся по физике, разрабатываемая система отслеживает следующие результаты образовательной деятельности учащихся [1].

1. Предметные знания, умения и навыки (ЗУН):
  - знание основ теоретического материала;
  - умения решать задачи и выполнять лабораторные работы;
  - творческие умения.
2. Общеучебные умения и навыки (ОУН).
3. Особенности когнитивной сферы и характеристики личностного развития.

Контроль и оценка знания основ теоретического материала осуществляется с помощью компьютерного тестирования. Разработка базы тестовых заданий основана на структуре физических знаний (СФЗ), элементами которой являются понятие или модель объекта, величина, явление, закон и планы их изучения. Каждый вопрос тестового задания нацелен на проверку знания каждого пункта изучения каждого структурного элемента и

оценивается в баллах [2].

Процесс решения задачи, как и выполнения лабораторной работы, разбивается на этапы: выполнение каждого этапа представляет собой решение тестового задания с выбором варианта ответа и оценивается в баллах. Учащийся выполняет контрольную работу, состоящую из нескольких задач по одному или нескольким разделам. Контроль выполнения учащимися лабораторных работ и творческих проектов осуществляется учителем, результаты контроля учитель заносит в компьютер для последующей автоматизированной обработки и оценки [3].

Овладение ОУН контролируется учителем, который заполняет три опросных листа («Интеллектуальные ОУН», «Организационные ОУН», «Коммуникативные ОУН») на каждого ученика в соответствии с инструкцией. Заполненные листы обрабатываются программой, полученные результаты сохраняются.

Диагностика особенностей когнитивной сферы и характеристик личностного развития учащихся осуществляется с помощью компьютерного тестирования. Диагностируются развитие мышления, внимания, памяти, особенности темперамента и характера, мотивы учебной деятельности, склонность к тому или иному виду профессии, ценностные ориентации учащегося.

Интегральная характеристика, сформированная на основе полученной информации по запросу учителя, ученика, родителей или администрации школы, содержит:

- коэффициенты усвоения моделей объектов или других понятий, физических величин, явления и законов, таблицы по всем вопросам, из которых видно, на какие вопросы ученик ответил правильно и неправильно;
- коэффициенты сформированности умения решать задачи и таблицу, из которой видно, какие этапы решения задач ученик выполнил правильно, а какие нет;
- коэффициенты сформированности умения выполнять лабораторные работы и таблицу, из которой видно, с какими этапами ученик справился, а с какими нет;
- уровень творчества;
- балл по организационным, интеллектуальным, коммуникативным общеучебным умениям и навыкам, статус учащегося и рекомендации;
- уровни развития психических процессов;
- характерологические проявления, рекомендации;
- тип репрезентативной системы, рекомендации;
- рекомендуемый тип профессии, особенности данного типа профессии;
- уровень внутренней мотивации, рекомендации;
- уровень ценностных ориентаций, рекомендации.

Контроль и оценка учащихся по данной методике может использоваться в качестве рубежного и итогового контроля в школе. Психологическая диагностика и проверка уровня сформированности общеучебных умений и навыков является достаточно длительным процессом, поэтому производится по окончании каждого учебного года.

### **РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ ИС**

Назначение создаваемой ИС – информационная поддержка контроля и оценки результатов образовательной деятельности учащихся. ИС обеспечивает процесс сбора, ввода, вывода, хранения и обработки большого массива информации, достаточной для многопрофильного анализа результатов оценивания и проведения многих аналитических мероприятий. Система позволяет полностью автоматизировать процессы, связанные с хранением, обработкой и представлением информации в различном виде.

Информационная система построена по следующей архитектуре (рис. 1): внешние пользователи обращаются посредством программы-браузера к web-серверу и работают с его наполнением.

Форма наполнения зависит от типа пользователя (ученики, учителя, эксперты, родители и пр.) и выполняемой им задачи (прохождение теста, проверка журналов,

дополнение учебного контента, получение информации об учащемся и т.п.). Вся необходимая для работы информация (наборы тестовых вопросов, задач, описание творческих, лабораторных работ, психологических тестов) хранится в таблицах базы данных, обращение к которым происходит согласно алгоритмам пользовательских или административных модулей. В таблицы базы данных также заносятся результаты выполнения учащимися всех видов работ (в виде баллов) и, исходя из них, формируются интегральная характеристика учеников или качественные и количественные оценки.

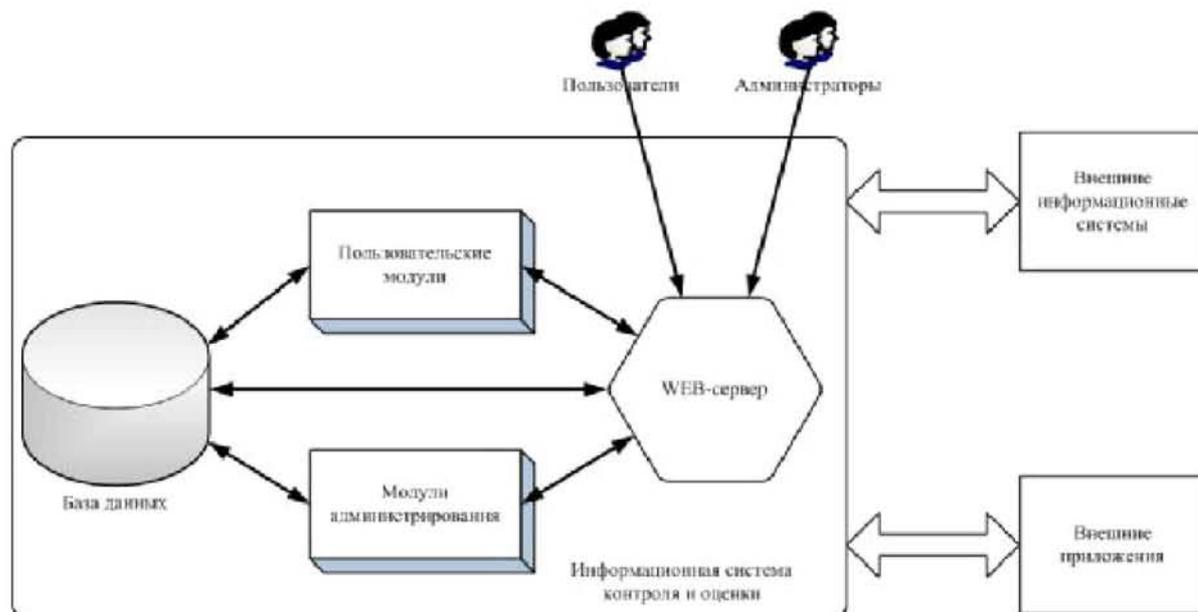


Рисунок 1 – Общая архитектура ИС

Пользовательские модули включают в себя модуль добавления учебного контента (добавление экспертом теоретических вопросов, задач, психологических тестов и т.п.), модуль создания групповых работ (генерирование наборов тестовых заданий, контрольных работ, наборов психологических тестов), модуль отображения (выполнение учениками тестов, контрольных работ), модуль контроля (учет времени выполнения, проверка правильности решения и т.п.), модуль обработки результатов (обработка результатов и занесение баллов в таблицы базы данных), модуль интерпретации результатов (формирование на основе информации, хранимой в таблицах базы данных, интегральной характеристики ученика или качественных и количественных оценок).

### МОДЕЛИРОВАНИЕ ИС

Для того чтобы точно представить, как должна работать система, построена обобщенная диаграмма вариантов использования. В ней описывается последовательность действий, которые может осуществлять система в ответ на внешние воздействия пользователей или других программных систем. Диаграмма отражает функциональность системы с точки зрения получения значимого результата для пользователя - создания интегральной характеристики ученика. Созданию характеристики учащегося предшествуют следующие действия: получение результатов контроля и обработка полученных результатов. Для получения результатов контроля и оценки учащийся решает задачи и тестовые задания по теоретическому материалу, учитель оценивает общеучебные умения и навыки учеников, выполнение лабораторных работ и творческих проектов (рис. 2).

В рамках создания информационной системы контроля и оценки результатов образовательной деятельности учащихся разработана функциональная модель системы. Модель построена с использованием методов IDEF0-технологии структурного анализа и проектирования. Анализируемый процесс представляется в виде совокупности множества взаимосвязанных действий, работ (Activities), которые взаимодействуют между собой на

основе определенных правил (Control), с учетом потребляемых информационных, человеческих и производственных ресурсов (Mechanism), имеющих четко определенный вход (Input) и не менее четко определенный выход (Output) [4].

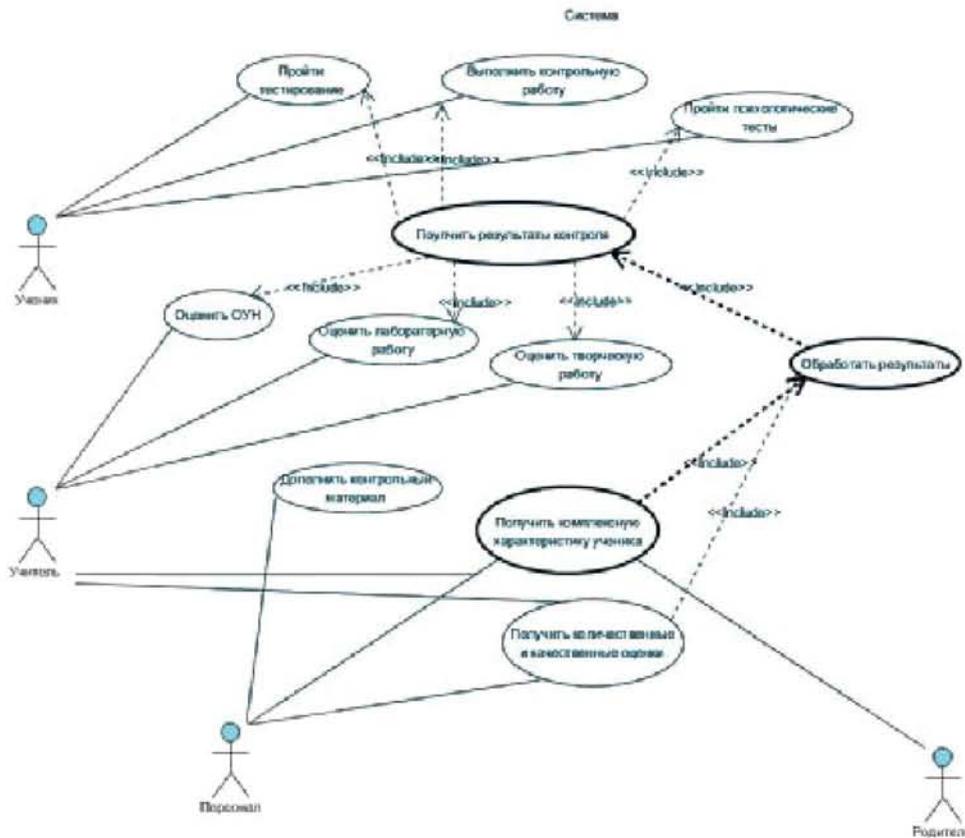


Рисунок 2 – Обобщенная диаграмма вариантов использования

Ресурсами, которые непосредственно исполняют процесс контроля и оценки, являются пользователи системы (эксперт, учитель, ученик, родители и администрация школы) и инструментальная поддержка (программно-аппаратное обеспечение).

Процесс контроля и оценки управляется с учетом методик, образовательных стандартов, алгоритмов получения и обработки результатов, алгоритмов создания характеристики учащегося. Методики содержат описание способов диагностики уровня знаний по физике, умений решать задачи и выполнять лабораторные работы, творчества по предмету, общеучебных умений и навыков, уровня развития психических процессов, индивидуально-типологических особенностей и направленности личности. Методики включают



Рисунок 3 – Диаграмма верхнего уровня

в себя сценарии контроля и оценки с правильными ответами, рубрикаторы оценивания и т.д.

В результате работы функционального блока имеющийся комплект теоретического материала преобразуется в интегральную характеристику ученика, количественные и качественные оценки (рис. 3). На рисунке 4 представлена диаграмма первого уровня модели оценивания образовательных достижений учащихся, образуемая в ходе дальнейшей детализации функциональной модели верхнего уровня.

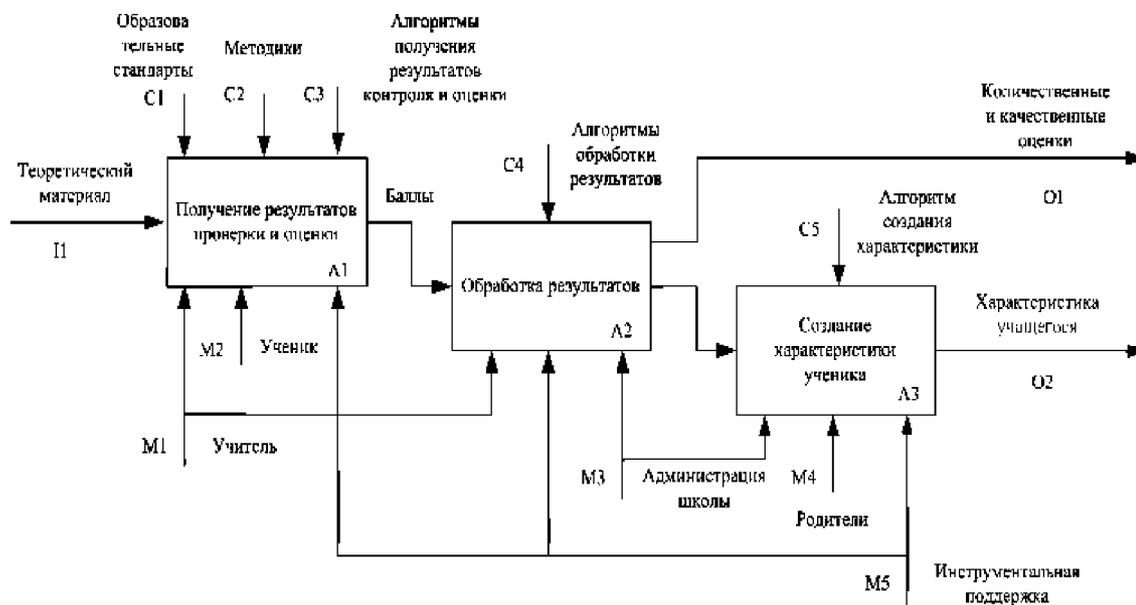


Рисунок 4 – Диаграмма первого уровня функциональной модели

Диаграмма первого уровня указывает на три главные функции системы оценивания: получение результатов контроля и оценки достижений, обработка полученных результатов и получение интегральной характеристики учащегося. Вторая и третья функции системы требуют разработки и программной реализации алгоритмов обработки результатов и создания интегральной характеристики учащегося. Первая функция - получение результатов контроля – является наиболее трудно формализуемой, поэтому имеет смысл дальнейшая детализация блока А1.

Такие функции, как получение результатов тестирования по теоретическому материалу, выполнение контрольной работы и психологического тестирования, осуществляются автоматизировано: учитель задает некоторые начальные параметры и учащиеся тестируются. В реализации других функций учащиеся участия не принимают: учитель наблюдает за учениками и вводит результаты контроля в систему. На рисунках 5, 6 и 7 приведена детализация блоков А1, А11 и А13.

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ

Для организации хранения всех данных, циркулируемых в ИС, разработана база данных (БД). Разработка структуры БД основывается на использовании метода сущность-связь и построении ER-диаграммы, которая является отображением инфологической модели системы. Были определены основные объекты, информация о которых должна храниться, атрибуты объектов, связи между ними и основные запросы к БД. В качестве системы управления базой данных выбрана MySQL, как наиболее распространенная СУБД для построения Web-приложений. С целью перехода от ER-диаграммы к организации собственно базы данных в выбранной СУБД соблюдались следующие правила: каждая простая сущность превращается в таблицу, каждый атрибут становится возможным столбцом с тем же именем, компоненты уникального идентификатора сущности превращаются в первичный ключ таблицы и т.д. [5].



Реляционными таблицами базы данных служат сущности разработанной ER-диаграммы. В процессе перехода от ER-диаграммы к схеме БД модель была уточнена и дополнена необходимыми сущностями. Запросы на добавление, изменение и вывод информации из таблиц БД информационной системы будут встроены в скриптовые приложения на языке PHP на стороне Web-сервера. Модель разработанной структуры БД приведена на рисунке 8.

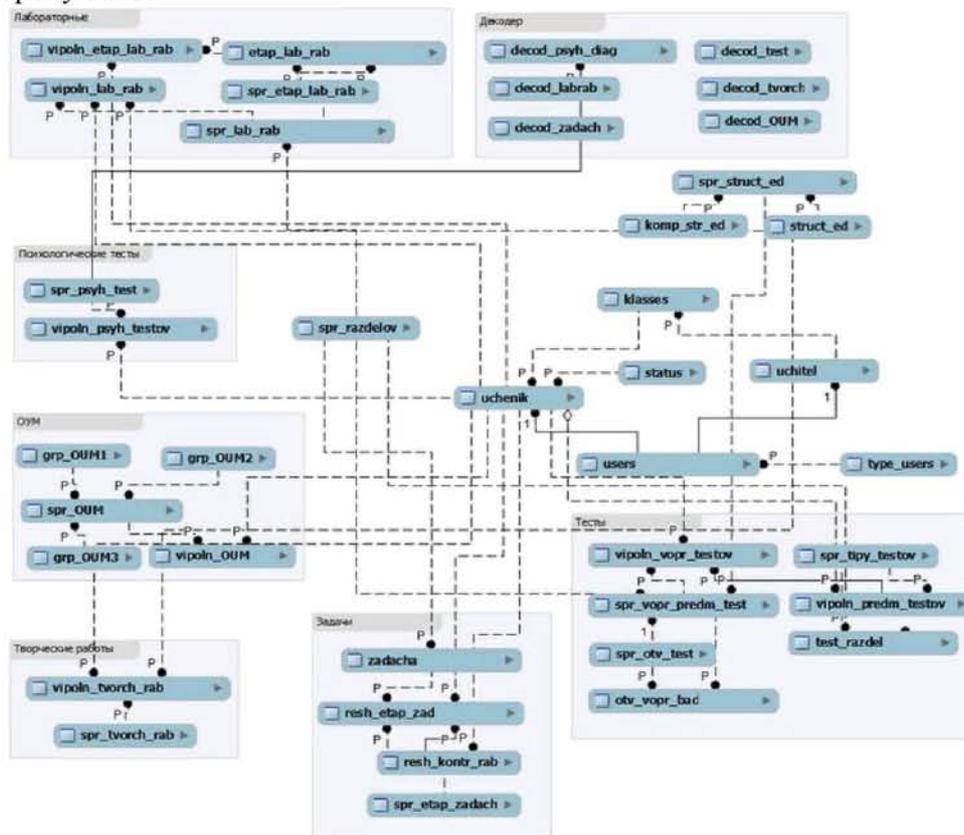


Рисунок 8 – Модель структуры базы данных

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, определены назначение и принципы разработки создаваемой ИС. С позиций трансформации модели создаваемой системы в объекты базы данных и приложения:

- 1) осуществлены разработка и анализ обобщенной архитектуры, функциональной модели системы на нескольких уровнях декомпозиции;
- 2) произведены формализация модели, разработка CASE-диаграмм и диаграмм «сущность-связь»;
- 3) реализована логическая схема в виде реальных объектов базы данных.

Для получения работоспособной ИС функциональные схемы воплощаются в пользовательские формы и приложения путем программной реализации алгоритмов сбора, ввода, обработки и интерпретации полученной информации. Используется скриптовый язык программирования PHP. Одновременно уточняется, если это необходимо, логическая структура БД. Скрипты, написанные на PHP, встраиваются в HTML-страницы web-сервера, обеспечивающего возможность многопользовательской работы с системой.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Платонова А.С., Рыжкова М.Н. Совершенствование методологии и методики оценивания учебных достижений учащихся / Системный анализ в науке и образовании: электрон. науч. журнал. – Дубна, 2010. – №3. – [Электронный ресурс]. – URL:

- <http://www.sanse.ru/archive/17> (дата обращения 27.10.2010). – Идентификационный номер: 0421000111\0022.
2. Мамаева И.А. Методика разработки теоретических вопросов коллоквиума по физике / Журнал «Физическое образование в ВУЗах». – Т.11. – №3. – 2005. – С.101-106.
  3. Самохин А.В., Рыжкова М.Н., Платонова А.С. Портфель успеваемости как дополнение к пятибалльной системе оценивания знаний. Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России: II Всероссийские научные Зворыкинские чтения. Сб. тез. докладов II Всероссийской межвузовской научной конференции. – Муром.: Изд.-полиграфический центр МИВлГУ, 2010. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.mivlgu.ru/conf/zvorykin2010/main.php>.
  4. Черемных С.В., Семенов И.О., Ручкин В.С. Моделирование и анализ систем. IDEF-технологии: практикум. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 192 с.
  5. Кузнецов С. Базы данных. Вводный курс. [Электронный ресурс]. – URL: [http://citforum.ru/database/advanced\\_intro/29.shtml](http://citforum.ru/database/advanced_intro/29.shtml).

**Платонова Алла Сергеевна**

ГОУ ВПО «Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета»,  
г. Муром  
Соискатель кафедры «Физика и прикладная математика»  
Тел.: (49234) 3-42-60  
E-mail: [allaplatonova@inbox.ru](mailto:allaplatonova@inbox.ru)

**Самохин Анатолий Васильевич**

ГОУ ВПО «Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета»,  
г. Муром  
Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Физика и прикладная математика»  
Тел.: (49234) 7-71-33

---

A.S. PLATONOVA, A.V. SAMOKHIN

**DESIGN OF INFORMATION SYSTEM FOR MONITORING AND EVALUATION  
OF EDUCATIONAL PERFORMANCE OF PUPILS: ARCHITECTURE, MODEL  
AND STRUCTURE OF THE DATABASE**

*The article describes topic of development an adaptive e-learning system which includes an additional feedback loop based on the functional state of the student. This approach allows to monitor stress of the student that is working in learning management system by the method of HRV analysis.*

**Keywords:** *adaptive e-learning system (AEOS); training effect; heart rate variability; functional status of the student.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Platonova A.S., Ry'zhkova M.N. Sovershenstvovanie metodologii i metodiki ocenivaniya uchebny'x dostizhenij uchashhixsya / Sistemny'j analiz v nauke i obrazovanii: e'lektron. nauch. zhurnal. – Dubna, 2010. – №3. – [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.sanse.ru/archive/17> (data obrashheniya 27.10.2010). – Identifikacionny'j nomer: 0421000111\0022.
2. Mamaeva I.A. Metodika razrabotki teoriticheskix voprosov kollokviuma po fizike / Zhurnal «Fizicheskoe obrazovanie v VUZax». – Т. 11. – №3. – 2005. – S.101-106.
3. Samoxin A.V., Ry'zhkova M.N., Platonova A.S. Portfel' uspevaemosti kak dopolnenie k pyatiball'noj sisteme ocenivaniya znaniy. Nauka i obrazovanie v razvitii promy'shlennoj, social'noj i e'konomicheskoy sfer regionov Rossii: II Vserossijskie nauchny'e Zvoryn'skie chteniya. Sb. tez. dokladov II Vserossijskoj mezhvuzovskoj nauchnoj konferencii. – Murom: Izd.-poligraficheskij centr MIVIGU, 2010. – [E'lektronny'j resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.mivlgu.ru/conf/zvorykin2010/main.php>
4. Cheremny'x S.V., Semyonov I.O., Ruchkin V.S. Modelirovanie i analiz sistem. IDEF-technologii: praktikum. – М.: Finansy' i statistika, 2006. – 192 s.
5. Kuznecov S. Bazy' danny'x. Vvodny'j kurs. [E'lektronny'j resurs]. – URL: [http://citforum.ru/database/advanced\\_intro/29.shtml](http://citforum.ru/database/advanced_intro/29.shtml).

В.А. РАЗЫГРАЕВА, А.В. ЛЯМИН

## АДАПТИВНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ СИСТЕМА ОБУЧЕНИЯ С УЧЕТОМ ОЦЕНКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

*В статье рассматривается вопрос построения адаптивной обучающей системы, в которую включен контур обратной связи по функциональному состоянию студента. Он позволяет следить за напряженностью организма студента при работе в информационно-образовательной среде AcademicNT методом анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР).*

*Ключевые слова:* адаптивная электронная обучающая система (АЭОС); обучающее воздействие; вариабельность сердечного ритма; функциональное состояние студента.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Компетентностно-ориентированный образовательный процесс *студентоцентричен*. Он подразумевает ответственное отношение студента к процессу и результатам собственного обучения. В соответствии с идеологией Болонского процесса оно должно осуществляться в форме индивидуальных для каждого студента образовательных траекторий и асинхронного учебного процесса. При этом обучающиеся имеют возможность освоить именно тот набор учебных курсов и иных видов учебной работы, который необходим им для будущей успешной профессиональной реализации.

Индивидуальное учебное планирование предусматривает составление нормального, ускоренного или замедленного вариантов индивидуального учебного плана для каждого обучающегося, различающихся как по содержанию, так и по темпу обучения. Решение о максимизации или минимизации содержания учебного процесса и интенсивности обучения принимает сам обучаемый. Индивидуальное учебное планирование реализуемо только в рамках процесса дистанционного обучения, где обучаемый сам или по рекомендациям преподавателя может выбирать темп и продолжительность обучения.

Все это позволяет обеспечить высокую эффективность, гибкость и надежность обучения за счет формирования для каждого учащегося динамически адаптируемого учебного материала, что способствует улучшению его усвоения и, в конечном итоге, повышает качество обучения.

В традиционной модели обучения имеется обратная связь по результатам обучения. В зависимости от целевого множества компетенций в области знаний и навыков формируется компетентностная модель выпускника, которая влияет на адаптивный алгоритм обучения. В соответствии с алгоритмом обучения информационно-образовательная среда вырабатывает обучающее воздействие. Наблюдатель состояния компетентности следит за результатами обучения и формирует оценку состояния, которая влияет на индивидуальную адаптивную траекторию обучения.

К сожалению, данная модель не учитывает индивидуальные особенности организма обучающегося. Основные показатели обучающегося, оказывающие влияние на работу всей системы в целом (общая подготовка, уровень знаний, скорость восприятия информации, психофизический тип, психофизиологическое состояние, время появления утомления и т.д.), существенно изменяются от одного индивидуума к другому. Поэтому авторами была предложена модель обучения и на ее основе разработана адаптивная электронная обучающая система (АЭОС) с учетом функциональных особенностей организма студента, в которые добавлена еще одна обратная связь, но уже по психофизиологическому состоянию обучающегося [1].

В процессе работы студента в информационно-образовательной среде анализируются не только его ответы, но и напряжение организма, определяемое на основе метода анализа вариабельности сердечного ритма (ВСР). Этот метод хорошо отражает степень напряжения

регуляторных систем организма, возникающую в ответ на любое стрессовое, физическое, эмоциональное или интеллектуальное воздействие [2].

Метод анализа ВСР основан на распознавании и измерении временных интервалов между самыми высокоамплитудными зубцами электрокардиограммы (ЭКГ), R-зубцами или R-R-интервалов, а также на построении динамических рядов кардиоинтервалов и последующего анализа полученных числовых рядов различными математическими методами.

Деятельность сердечно-сосудистой системы, в частности, ее регуляторных механизмов – результат адаптации организма к большому числу разнообразных факторов внешней среды. Регуляторные системы организма – это постоянно действующий аппарат слежения за состоянием всех систем и органов, их взаимодействием и за соблюдением равновесия между организмом и средой [3]. Активность регуляторных систем зависит от функционального состояния организма.

Для измерения уровня напряжения регуляторных систем используется аппаратно-программный комплекс «Варикард 2.51», разработанный Институтом внедрения новых медицинских технологий «Рамена». Он обеспечивает реализацию всех основных методов анализа ВСР (статистический анализ, вариационную пульсометрию, автокорреляционный и спектральный анализ) и позволяет вычислять до 40 различных параметров, рекомендуемых как российскими, так и европейско-американскими стандартами [4]. Комплекс «Варикард 2.51» прошел все необходимые технические и клинические испытания и рекомендован Министерством Здравоохранения России к серийному выпуску и к использованию в широкой медицинской практике [5].

### **РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ ЭЛЕКТРОННОЙ ОБУЧАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ (АЭОС)**

С позиций системного подхода структура стандартной АЭОС может рассматриваться как биотехническая система эргатического типа (БТС-Э), так как в нее входят как технические средства, так и биологическое звено – обучающийся, который включается в систему своей кибернетической компонентой. Эта компонента характеризуется целым рядом состояний, например, восприятия, усвоения и обработки получаемой информации.

Иными словами, в процессе синтеза биотехнической системы режимы функционирования и конструктивные решения технических элементов должны быть выбраны таким образом, чтобы максимально соответствовать морфологическим и психофизиологическим особенностям сопрягаемых с ними биологических элементов системы. Если учесть сложнейшую структуру человеческого организма, наличие многосвязных иерархических систем регулирования параметров его «внутренней среды», обеспечивающих адаптацию человека к изменениям внешних воздействий в период его умственной деятельности независимо от ее характера, то станет совершенно ясно, что наличие человека в качестве элемента любой системы придает ей свойства вероятностной очень сложной системы [6].

Под здоровьем в общем плане понимают возможность организма человека адаптироваться к изменениям окружающей среды, взаимодействуя с ней свободно, на основе биологической, психологической и социальной сущности человека [7]. Понятие нормы, как и понятие здоровья, должно быть строго индивидуализированным. Каждый человек здоров по-своему, а его индивидуальная норма зависит от многих факторов: возраста, пола, профессии, местожительства и др.

Состояние организма можно определить тремя параметрами: уровнем функционирования системы, степенью напряжения регуляторных механизмов и функциональным резервом. Функциональный резерв можно определить как готовность или способность организма выполнить заданную деятельность в заданное время с минимальным напряжением регуляторных механизмов.

В зависимости от соотношения этих параметров можно выделить четыре состояния

адаптации: нормы или удовлетворительной адаптации, функционального напряжения, перенапряжения или неудовлетворительной адаптации, истощение регуляторных систем или срыв адаптации.

Студент как основное звено биотехнической системы (в частном случае, АЭОС) характеризуется способностью к переработке информации. Этот процесс может быть оптимальным лишь в случае оптимального рабочего состояния обучающегося. Оптимизация целостного процесса обработки информации связана с получением максимально возможного результата обучения (оценки) при наименьших затратах времени и энергии. Указанный процесс осуществляется центральной нервной системой и определяется так называемой мозговой или умственной работоспособностью. Фактическая умственная работоспособность характеризуется объемом целесообразной деятельности по переработке информации, выполняемой с определенной интенсивностью в течение заданного времени, при заданных критериях качества, на заданном уровне надежности.

Таким образом, под умственной работоспособностью можно понимать определенный объем умственной работы, связанной с обработкой информации. Это объем должен быть выполнен без снижения уровня функционирования организма. Прогнозирование умственной работоспособности заключается в том, чтобы определить момент такого снижения уровня функционирования организма, при котором обучающийся не может должным образом решать поставленную перед ним задачу.

При поэтапном моделировании АЭОС имеется возможность синтезировать сложные БТС с учетом самых различных свойств человеческого организма и решать следующие задачи:

- согласовывать характеристики управляемого процесса с соответствующими показателями организма обучающегося как управляющего звена системы;
- согласовывать потоки и формы информации, поступающей к студенту от технических элементов системы (например, из информационно-образовательной среды), с пропускной его способностью, предусматривающей его нормальное функционирование в заданном временном режиме;
- разрабатывать требования к психофизиологическому портрету обучающегося, вырабатывать рекомендации по организации учебного процесса с максимальным обучающим эффектом и согласованием характеристик обучающегося и технической системы;
- проводить комплексные модельные исследования с реальными студентами;
- корректировать структуру системы и ее технические характеристики;
- разрабатывать рекомендации по оптимальному процессу обучения в системе данного типа.

Особое внимание при разработке АЭОС необходимо уделить оценке «стоимости» результата деятельности студента, которая выражается, например, отношением количественной оценки его деятельности (полученный балл) к обобщенному показателю напряженности его учебной деятельности, который характеризуется текущими значениями психофизиологических показателей состояния организма. Поскольку обучающийся в процессе обучения может решать различные задачи, то может быть введен коэффициент сложности решаемой задачи. Количественная «стоимость» результата обучения позволяет характеризовать адекватность нагрузки на организм в ходе обучения состоянию самого организма; подготовленность различных студентов, решающих одинаковые задачи, их эмоциональную устойчивость; оценивать информационные потоки (их форму, сложность, детальность представления) при сопряжении с обучающимся.

Напряжение регуляторных механизмов организма обучающегося можно выразить по формуле:

$$N = f(V, M, K),$$

где  $V$  – скорость представления учебных материалов;

$M$  – сложность этого материала;

$K$  – форма представления.

Как было сказано выше, для получения максимально возможного результата обучения при наименьших затратах времени необходимо, чтобы обучающая система поддерживала напряжение  $N$  на оптимальном уровне, т.е. модуль напряжения должен находиться в пределах физиологической нормы  $N_0$ , которая зависит от многих факторов (возраста, пола и др.).

На основании всего вышеизложенного была разработана адаптивная электронная обучающая система, структурная схема которой приведена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Структурная схема адаптивной электронной обучающей системы

Система состоит из рабочего места обучающегося, где созданы все возможности для съема электрокардиограммы как в условиях полного покоя, так и в условиях контрольного обучения и тестирования. Для этого была выделена в помещении Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики (СПбГУ ИТМО) отдельная свето- и шумоизолированная аудитория, дистанционно удаленная от сервера информационно-образовательной среды AcademicNT. В этой аудитории расположены два компьютера: с помощью одного компьютера студент получает обучающую информацию и тестовые задания из AcademicNT и туда же отправляет ответы на контрольные вопросы, к другому компьютеру подключен аппаратно-программный комплекс «Варикард 2.51». Первичная информация снимается при помощи ЭКГ-электродов, которые не оказывают влияния на характер поведения студента. Затем аналоговая информация поступает в «Варикард 2.51», обрабатывается, анализируется с помощью программы ISCIM6 и передается на сервер AcademicNT [8].

Для оценки влияния обучающего воздействия на функциональное состояние студента, проходящего тестирование в системе AcademicNT, был разработан специальный программный инструментарий, при помощи которого в системе AcademicNT собирается вся информация о состоянии студента: как результативность прохождения тестирования, так и его психофизиологическое состояние.

### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ФОРМИРОВАНИЮ ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКОГО ПОРТРЕТА И ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ОБУЧАЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ СТУДЕНТА**

С помощью разработанной адаптивной электронной обучающей системы авторами были проведены экспериментальные исследования по формированию психофизиологического портрета студента и оценке влияния обучающего воздействия на его организм. Для проведения экспериментальных исследований контроля функционального (психофизического) состояния обучающегося методом анализа ВСР была разработана следующая методика.

Процесс проведения исследований по оценке влияния обучающего воздействия был разбит на два этапа: первый – определение индивидуальных особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма у обучающихся и снятие фоновых значений; второй – изучение особенностей функционального состояния организма при умственной нагрузке во время тестирования и возможностей адаптации к нагрузке студентов с разными типами вегетативной нервной регуляции.

Длительность регистрации сердечного ритма зависит от целей исследования. Продолжительность записей может колебаться от нескольких минут до нескольких часов [5]. Для фоновых исследований используются 5-минутные записи. Записи средней длительности (до 1 часа) целесообразно проводить применительно к отдельным этапам деятельности. Например, во время занятия, при выполнении конкретной задачи. Анализ ВСР в записях средней длительности и многочасовых записях рекомендуется проводить, используя 5-минутные сегменты для изучения динамики процесса адаптации.

Исследования фоновых значений сердечного ритма для формирования психофизиологического портрета обучающегося проводились в условиях относительного покоя, а для определения влияния обучающего воздействия на организм студента использовался метод исследований в так называемых условиях обычной деятельности.

К исследованию ВСР приступают не ранее, чем через 1,5-2 часа после еды, в тихой комнате, в которой поддерживается постоянная температура 20-22 С°. Перед исследованием обязательна отмена физиотерапевтических процедур и медикаментозного лечения (или же эти факторы должны учитываться при оценке результатов исследования). Перед началом необходим период адаптации к окружающим условиям в течение 5-10 минут.

Запись ЭКГ производится в положении сидя при спокойном дыхании. Обстановка во время исследования должна быть спокойной. Необходимо устранить все помехи, приводящие к эмоциональному возбуждению, не разговаривать со студентом и посторонними, исключить телефонные звонки и появление в аудитории других лиц. В период исследования ВСР студент должен ровно дышать, не делая глубоких вдохов. Регистрируется ЭКГ-сигнал в одном из стандартных отведений.

Все студенты делятся на возрастные группы согласно схеме периодизации, которую рекомендовал симпозиум при Институте возрастной физиологии и физического воспитания Академии педагогических наук. Все наши испытуемые попадают в одну возрастную группу (7) – юношеский возраст.

В центре дистанционного обучения СПбГУ ИТМО были обследованы 115 студентов. Все молодые люди в возрасте от 16 до 22 лет, т.е. одной возрастной группы. По состоянию здоровья они могут быть отнесены к основной медицинской группе. Каждому студенту присвоен индивидуальный код, который он получает при регистрации в информационно-образовательной среде обучения AcademicNT.

Во время проведения первого этапа был сформирован психофизиологический портрет каждого студента, в который входят такие данные, как пол, вес, рост, возраст, предпочтения в восприятии информации (аудиалы, визуалы, кинестетики). Особое внимание было уделено определению сбалансированности вегетативной нервной системы.

Тип вегетативной регуляции определялся по известным методикам проведения исследований анализа ВСР [3,9]. Были выявлены студенты со следующими типами регуляции: ваготония, нормотония, симпатикотония.

В результате анализа полученных данных о вариабельности сердечного ритма при умственной нагрузке в различных группах обучающихся было однозначно определено, что индивидуальная траектория обучения должна строиться с учетом возрастных и половых особенностей студентов, а также с учетом типа регуляции вегетативной нервной системы [10].

В процессе работы студента в информационно-образовательной среде AcademicNT анализируются не только его ответы X, но и напряжение физиологической системы N. Алгоритм обучения на основе переменных N и X, целевого множества компетенций,

компетентностной модели выпускника, онтологии электронных учебных и контрольно-измерительных материалов формирует обучающее воздействие, а также управляет траекториями обучения и контроля уровня подготовки, скоростью подачи материала и его сложностью, формой представления материала и режимами работы системы в зависимости от функционального состояния студента и его уровня подготовки с целью оптимизации по времени процесса обучения [11]. Наличие контура обратной связи по функциональному состоянию обучающегося существенно повышает гибкость и эффективность обучения в информационно-образовательной среде.

Адаптивная траектория обучения основывается на психофизиологическом портрете студента и формирует темы для изучения в зависимости от уровня начальных знаний, т.е. отбирается некоторое количество тем, изучение которых необходимо для достижения определенных компетенций. Темы различаются по степени подробности и глубине изложения материала.

Во время изучения каждой темы форма представления учебного материала должна учитывать психотип студента. Также должна быть обеспечена возможность обращения к информационным ресурсам среды AcademicNT и адаптивная выдача комментариев в диалоговом режиме.

После изучения каждой темы формируются варианты вопросов по теме с различными уровнями сложности для проверки компетенций в области знаний. Таких вариантов должно быть не менее шести, так как необходимо учитывать половые (2) и типологические особенности студентов (3). Контрольное тестирование проводится по одному из вариантов сценария в зависимости от типа ВНС. Вопросы для ваготоников более сложные и емкие по объему заложенной в них информации, их может быть меньше по количеству. Вопросы для нормотоников среднего уровня сложности, а для симпатотоников – низкого, с большей детализацией, с другой формулировкой одного и того же вопроса, большего количества.

Если тест успешно пройден, то обучающийся переходит к выполнению лабораторной работы или практического задания, что определяется учебным планом дисциплины, после выполнения которых проводится проверка навыков компетенций студента. После успешной сдачи контрольного теста осуществляется переход к изучению следующей темы. И так до тех пор, пока все темы не будут изучены.

Во время сдачи тестов производится контроль психофизиологического состояния по методу анализа ВСР. Если показатели ВСР оказываются значительно выше фоновых значений для данного студента, т.е. состояние обучающегося неудовлетворительное, то сценарий тестирования должен быть изменен и осуществлен переход на вариант сценария с более низким уровнем сложности вопросов. Когда речь идет о симпатотониках, фоновые значения ВСР которых и так достаточно высоки, то переход к другому сценарию не происходит. При значительном превышении значений показателей ВСР тестирование необходимо прекратить и дать возможность студенту пройти его в другой раз.

В случае неудачного прохождения тестирования во всех вариантах предусмотрен анализ результатов обучения. Если во время теста функциональное состояние студента было удовлетворительным, а результативность оказалась отрицательной, то он направляется на повторное изучение несданных тем, после чего производится повторное тестирование. Таким образом, разработанная структурная схема АЭОС, в которую включен контур обратной связи по функциональному состоянию обучающегося, поддерживает напряжение регуляторных механизмов обучающегося на оптимальном уровне.

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В результате проведенных исследований была разработана адаптивная электронная обучающая система. Для работы в АЭОС необходимо иметь психофизиологический портрет обучающегося, особенно тип регуляции нервной системы. Поэтому была сформулирована методика к проведению эксперимента, а затем проведен эксперимент по определению индивидуальных особенностей вегетативной регуляции сердечного ритма у обучающихся и

формированию психофизиологического портрета.

Затем с помощью АЭОС был проведен эксперимент по изучению особенностей функционального состояния организма при умственной нагрузке во время тестирования и возможностей адаптации к нагрузке студентов с разными типами вегетативной нервной регуляции. Было установлено, что:

- наиболее информативными параметрами ВСР для оценки влияния обучающего воздействия на состояние студента являются частота сердечных сокращений, индекс напряжения, индекс вагосимпатического взаимодействия, индекс централизации [3];
- степень напряжения механизмов регуляции и функциональные резервы организма необходимо определять с учетом возрастных и половых особенностей, а также с учетом типа регуляции вегетативной нервной системы;
- алгоритм формирования индивидуальной адаптивной траектории обучения должен строиться с учетом функционального состояния студента.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лямин А.В., Разыграева В.А., Скшидлевский А.А. Модель электронного адаптивного обучения с оценкой функционального состояния обучающегося / Материалы VIII Международной научно-практической конференции-выставки «Единая образовательная информационная среда: проблемы и пути развития». – Томск: Графика-Пресс, 2009. – С. 108-109.
2. Лоскутов Е.Д., Разыграева В.А. Принципы построения автоматизированного адаптивного обучающего комплекса / Сборник научных трудов СевКавГТУ. Серия «Гуманитарные и социально-экономические науки». – Выпуск 5. – Ставрополь: СевКавГТУ, 2000. – С. 74-77.
3. Баевский Р.М. Медико-физиологические аспекты ВСР. – [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ramena.ru/page.php?18> (дата обращения 19.01.2011).
4. Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use, 1996; 93: 1043-1065.
5. Оценка уровня здоровья. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.ramena.ru/page.php?7> (дата обращения 19.01.2011).
6. Биотехнические системы / под ред. проф. В.М. Ахутина. – Л.: Изд-во Ленингр. университета, 1981.
7. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. – М.: Медицина, 1979. – С. 205.
8. Вашенков О.Е., Лямин А.В. Механизм реализации виртуальных лабораторий в информационно-образовательной среде AcademicNT / Открытое образование. – 2009. – № 4. – С. 24-33.
9. Вегетативные расстройства: клиника, диагностика, лечение / под ред. А.М. Вейна. – М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2003. – 752 с.
10. Лямин А.В., Разыграева В.А. Исследование влияния обучающего воздействия в системе ДО на функциональное состояние студентов / Труды XVII Всероссийской научно-методической конференции «Телематика'2010». – Санкт-Петербург, 2010. – Т.1. – С. 199-203.
11. Лямин А.В., Разыграева В.А. Анализ variability сердечного ритма при педагогических измерениях в системе дистанционного обучения / Труды XVI Всероссийской научно-методической конференции «Телематика'2009». – Санкт-Петербург, 2009. – Т.2. – С. 345-346.

#### **Разыграева Вероника Александровна**

Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики (СПбГУ ИТМО), г. Санкт-Петербург

Аспирант кафедры «Компьютерные образовательные технологии»

Тел.: 8 911 197 81 87

E-mail: [raveron05@yandex.ru](mailto:raveron05@yandex.ru)

#### **Лямин Андрей Владимирович**

Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики (СПбГУ ИТМО), г. Санкт-Петербург

Кандидат технических наук, директор центра дистанционного обучения

Тел.: 8 812 232 59 14

E-mail: [lyamin@mail.ifmo.ru](mailto:lyamin@mail.ifmo.ru); <http://de.ifmo.ru>

V.A. RAZYGRAEVA, A.V. LYAMIN

**ADAPTIVE E-LEARNING MANAGEMENT SYSTEM BASED ON ASSESSMENT  
STUDENT'S FUNCTIONAL STATE**

*The article describes topic of development an adaptive e-learning system which includes an additional feedback loop based on the functional state of the student. This approach allows to monitor stress of the student that is working in learning management system by the method of HRV analysis.*

**Keywords:** *adaptive e-learning system (AEOS); training effect; heart rate variability; functional status of the student.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Lyamin A.V., Razy'graeva V.A., Skshidlevskij A.A. Model' e'lektronno adaptivnogo obucheniya s ocenкой funkcional'nogo sostoyaniya obuchayushhegosya / Materialy' VIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii-vy'stavki «Edinaya obrazovatel'naya informacionnaya sreda: problemy' i puti razvitiya». – Tomsk: Grafika-Press, 2009. – S. 108-109.
2. Loskutov E.D., Razy'graeva V.A. Principy' postroeniya avtomatizirovannogo adaptivnogo obuchayushhego kompleksa / Sbornik nauchny'x trudov SevKavGTU. Seriya «Gumanitarny'e i social'no-e'konomicheskie nauki». – Vy'pusk 5. – Stavropol': Sev-KavGTU, 2000. – S. 74-77.
3. Baevskij R.M. Mediko-fiziologicheskie aspekty' VSR. [E'lektronny'j resurs]. – URL: <http://www.ramena.ru/page.php?18> (data obrashheniya 19.01.2011).
4. Heart rate variability. Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use, 1996; 93: 1043-1065.
5. Ocenka urovnya zdorov'ya. [E'lektronny'j resurs]. – <http://www.ramena.ru/page.php?7> (data obrashheniya 19.01.2011).
6. Biotexnicheskie sistemy' / pod red. prof. V.M. Axutina. – L.: Izd-vo Leningr. universiteta, 1981.
7. Baevskij R.M. Prognozirovanie sostoyanij na grani normy' i patalogii. – M.: Medicina, 1979. – S. 205.
8. Vashenkov O.E., Lyamin A.V. Mexanizm realizacii virtual'ny'x laboratorij v informacionno-obrazovatel'noj srede AcademicNT / Otkry'toe obrazovanie. – 2009. – № 4. – S. 24-33.
9. Vegetativny'e rasstrojstva: klinika, diagnostika, lechenie / pod red. A.M. Vejna. – M.: OOO «Medicinskoe informacionnoe agenstvo», 2003. – 752 s.
10. Lyamin A.V., Razy'graeva V.A. Issledovanie vliyaniya obuchayushhego vozdejstviya v sisteme DO na funkcional'noe sostoyanie studentov / Trudy' XVII Vserossijskoj nauchno-metodicheskoy konferencii «Telematika'2010». – Sankt-Peterburg, 2010. – T.1. – S. 199-203.
11. Lyamin A.V., Razy'graeva V.A. Analiz variabel'nosti serdechnogo ritma pri pedagogicheskix izmereniyax v sisteme distancionnogo obucheniya / Trudy' XVI Vserossijskoj nauchno-metodicheskoy konferencii «Telematika'2009». – Sankt-Peterburg, 2009. – T.2. – S. 345-346.

УДК 519.816:658.51

А.Б. НИКОЛАЕВ, А.А. СОЛНЦЕВ, В.Ю. СТРОГАНОВ, П.А. ТИМОФЕЕВ, В.Н. БРЫЛЬ

**МЕТОДИКА ИНТЕГРАЦИИ ПРИЛОЖЕНИЙ В ГИБРИДНОЙ СИСТЕМЕ  
ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ С ОТКРЫТОЙ СТРУКТУРОЙ**

*В статье предлагается интеграция пользовательской оболочки системы поддержки принятия решений с мощными математическими пакетами на основе унификации программного интерфейса. Сформулированы основные принципы создания гибридной системы поддержки принятия решений с открытой структурой. Описана методика, которая представляет собой совокупность методов и моделей с алгоритмической структурой и привязкой к разнородной системе баз данных, а также модель синхронизации разнородных программных приложений.*

*Ключевые слова:* интеграция; гибридная система; синхронизация; открытая структура; поддержка принятия решений.

**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время большое внимание уделяется разработке систем мониторинга различных показателей и поддержки принятия решений по управлению в различных предметных областях. При этом основной акцент делается на создание распределенных баз данных и телекоммуникационных технологий, обеспечивающих оперативный обмен данными. Однако в практике принятия решений недостаточно полно используется спектр математических методов с развитыми формами визуализации данных. Обычно, руководители не владеют свободно аналитическими методами, поэтому приходится динамически подстраивать формы представления аналитических расчетов непосредственно под каждого. Заказчики (особенно руководящий состав) очень часто не могут дать формальную постановку задач и методик анализа, что требует значительного времени на программирование. Причем неизвестно – будут ли они, в конечном счете, полезны в плане поддержки принятия решений именно данным лицом.

**ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОТКРЫТОЙ СТРУКТУРЫ ПРИЛОЖЕНИЙ**

В целях повышения эффективности системы управления, необходима разработка новых методов и методик создания гибридных систем поддержки принятия решений, инвариантных к предметным областям, с открытой структурой, основанных на интеграции разнородных пакетов.

Авторами предложена концепция, методы и модели открытой гибридной системы поддержки принятия решений с целью создания единой базы данных, методов, моделей и методик в виде отдельных компонентов, согласованных по интерфейсным связям и параметрам, с возможностью формирования их алгоритмической структуры. Проведена параметризация исполняемых приложений на основании разработки универсального описания компонентов системы, независимого от предметной области с использованием принципа «вход-выход».

Проведен анализ методов моделирования и управления транспортными средствами. Рассмотрены эмпирические модели погружения штампа, что дает оценку характеристик грунта; оценочных показателей и характеристик микропрофиля поверхности автомобильных дорог, а также других методик основанных на статистической обработке результатов экспериментальных данных (практически весь спектр методов анализа покрывает пакет Statistica).

Можно отметить, что на данный момент и в этой области нет единой базы статистических данных, которые могут быть доступны аналитикам и специалистам. Также нет единого унифицированного способа представления моделей, позволяющих без дополнительного программирования реализовать расчеты. В данном случае, методика построения системы автоматизации обработки данных научных исследований для пользователей, не владеющих приемами программирования, могла бы быть построена по принципу «вход-выход», где в качестве входа пользователю необходимо указать только модель, записанную на простом

формальном языке, и указать метод расчета характеристик. Аналогично может быть выполнен анализ характеристик микропрофиля (рисунок 1).



Рисунок 1 – Анализ характеристик микропрофиля

Таким образом, возникает необходимость приведения всего спектра перечисленных задач к единой методике, инвариантной к включению новых аналитических моделей агрегатов технологических машин, новых экспериментальных данных и новых методов их статистической обработки. Так, для задач анализа характеристик технологических машин при исследовании адекватности эмпирических зависимостей схема методике представляет собой структуру: вход - модель (эмпирическая), выход – результаты расчета характеристик грунта; метод – например, дисперсионный анализ; данные – из базы результатов экспериментов.

Такое элементарное приложение формирует вторичную БД. Сформированная вторичная БД определяет входные данные для других приложений, которые в свою очередь порождают новые структуры данных, которые используются другими приложениями и т.д. Проведенный анализ предметных областей показал, что значительное количество методик можно привести к такой схеме, имея формальное описание данных, моделей, методов, приложений и результатов и последующего конструирования методик из элементарных приложений.

Одним из вариантов описания методике является трек (рисунок 2) приложений, которые представляют некоторую линейную последовательность, где  $\{h_i\}$  - множество элементарных приложений;  $\beta$  - линейный порядок на  $\{h_i\}$  и  $I$ - инициатор, который активирует интерактивный процесс.

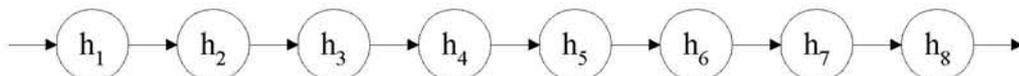


Рисунок 2 – Трек вычислительного процесса

Каждому процессу соответствует один инициатор. Если в системе параллельно развивается  $m$  процессов, то в модели присутствует  $m$  инициаторов (особенно актуально для организации деловых игр). При наличии эквивалентных параметризуемых приложений, а также реализации механизмов условного перехода по завершению приложения, сценарий системы поддержки принятия решений должен представлять алгоритмическую структуру, которая может быть определена как свертка трека по отношению эквивалентности элементарных операторов (рис. 3).

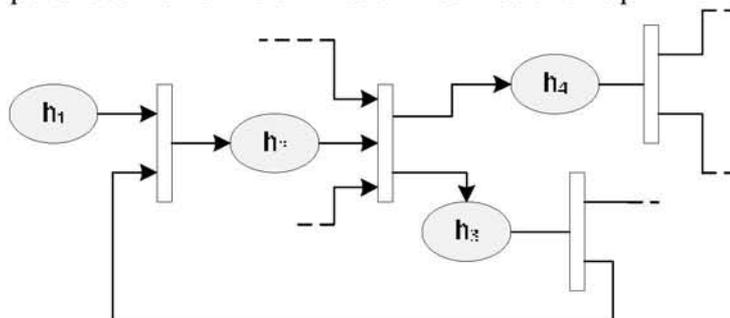


Рисунок 3 – Алгоритмическая структура приложений

### ФОРМАЛЬНЫЕ ОПЕРАЦИИ НАД ПРИЛОЖЕНИЯМИ

Алгоритмическая структура приложений формализована в виде сетей Петри, которые представляют собой двудольный граф позиций и переходов. Причем переход имеет множество входов и множество выходов и позволяет моделировать любое логическое условие, что дает возможность в гибридной системе создавать механизмы блокировок по входам и любые логические условия перехода по выходам.

Для программной реализации формирования сценариев из элементарных приложений с учетом синхронизации и согласования по данным предлагается использовать формальные операции создания структуры приложений.

Для согласования последовательных связей приложений вводится операция  $\bullet$ :  $S_1 \bullet S_2 = S_3$  каскадного соединения:

$$S_1 \subset X_1 \times (Y_1 \times Z_{x_1}), S_2 \subset (X_2^x \times Z_{y_2}) \times Y_2, S_3 \subset (X_1 \times X_2^*), (Y_1^* \times Y_2), Z_{x_1} = Z_{x_2} = Z, \\ ((x_1, x_2), (y_1, y_2)) \in S_3 \Leftrightarrow \exists z : ((x_1, (y_1, z)) \in S_1 \wedge ((x_2, z), y_2) \in S_2. \quad (1)$$

Для согласования параллельных процессов вводится оператор  $\oplus$ :  $S_1 \oplus S_2 = S_3$  параллельного соединения:

$$S_1 \subset (X_1^*, Z_{x_1}) \times Y_1, S_2 \subset (Z_{x_2} \times X_2^*) \times Y_2, S_3 \subset (X_1^*, X_2^*, Z) \times (Y_1 \times Y_2), Z_{x_1} = Z_{x_2} = Z, \\ ((x_1, x_2, z), (y_1, y_2)) \in S_3 \Leftrightarrow \exists z : ((x_1, z), y_1) \in S_1 \wedge ((x_2, z), y_2) \in S_2. \quad (2)$$

Операция  $F: F(S_1) = S_2$  – замыкание обратной связи, необходима для реализации интерактивных алгоритмов сценария:

$$S_1 \subset (X_1^*, Z_{x_1}) \times (Y_1^*, Z_{y_1}), S_2 \subset X_2^* \times Y_2^*, Z_{x_1} = Z_{x_2} = Z, \\ (x_1, y_2) \in S_2 \Leftrightarrow \exists z : ((x_1, z_x), (y_1, z_y)) \in S_1. \quad (3)$$

В результате выполнена формальная декомпозиция структуры гибридной системы, определены управляющие и информационные связи, что позволяет сделать систему открытой для включения новых методов, моделей и данных, тем самым сформировать функционал программных приложений. Совместное использование введенных операций при наличии формализованного описания приложений и данных позволит автоматически генерировать программные методики.

### МОДЕЛЬ ОПИСАНИЯ ЭЛЕМЕНТАРНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ

В основе программного конструирования такой структуры приложений лежит формализованное описание элементарного приложения. В общем случае сценарий представляет собой совокупность элементарных приложений (фрагментов) с заданием алгоритмической структуры и развязки по данным. Фрагмент имеет структуру:

$$F_i = (t_i, d_i, a_i, a_i, s_i, r_i, p_i), \quad (4)$$

где  $t_i$  - тип фрагмента (информационный, расчетный, выбор и т.п.);

$d_i$  - уровень сложности;

$a_i$  - уровень доступа к фрагменту;

$\alpha_i$  - операция сравнения уровня доступа пользователя и уровня доступа фрагмента ( $\neq, <, \leq, =, \geq, >$ );

$s_i$  - время принудительного окончания предъявления;

$r_i$  - подмножество признаков, связанных с данным фрагментом;

$p_i$  - параметризация при активации.

Уровень доступа определяет вложенность структуры сценария, что позволяет создавать иерархию сценариев, а использование механизмов блокировок реализовать структуру вложенных процессов. Параметризация приложения дает возможность не только настройки, но решения вопросов согласования по данным различных приложений, включенных в один сценарий.

Инструментальные средства гибридной среды позволяют формировать алгоритмическую

структуру программных приложений за счет задания переходов между приложениями по условиям его завершения с использованием стандартизованного интерфейса, что и создает пользовательский сценарий. Все механизмы направлены на оперативное создание методик, имея типовой, отработанный набор универсальных приложений.

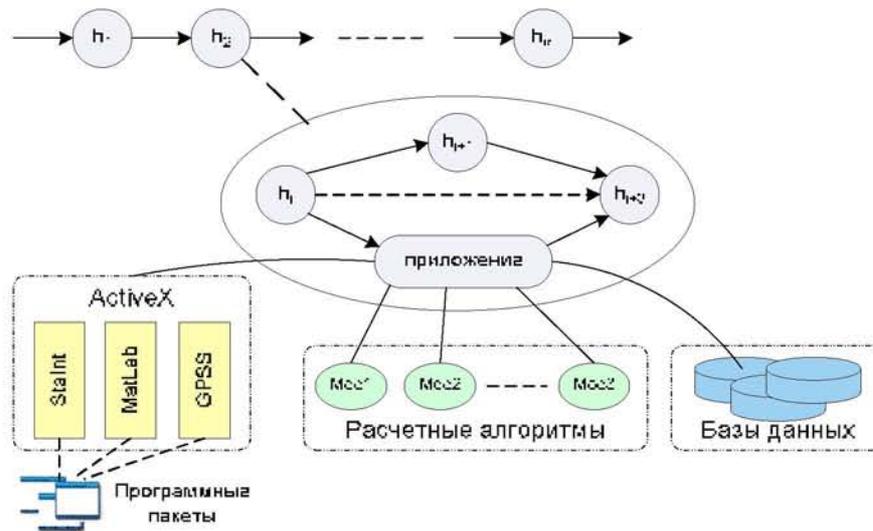


Рисунок 4 – Интегрированная структура сценария методики

Кроме механизмов создания сценариев предлагается модель структуризации сценариев, которая позволяет реализовать синхронизацию приложений.

Элементарное приложение является гибким средством расширения возможностей инвариантной составляющей системы. Помимо реализации дополнительных алгоритмов исполняемые фрагменты позволяют организовать: работу с внешними файлами, обмен данными по сети, запуск внешних приложений, взаимодействие с внешними приложениями (обмен данными, использование сервисов) посредством OLE-автоматизации или других технологий и другие возможности, т.е. позволяют расширять возможности проигрывателя, как на системном, так и на прикладном уровне.

По сути, процесс задания структуры проигрывания элементарных приложений соизмерим с описанием пошаговых алгоритмов, где с каждым шагом предполагается воспроизведение визуального фрагмента. К каждому элементу относятся описательные поля, поля визуальной настройки, поля задания параметров функционирования фрагмента, а также задается структура переходов связанная с результатом проигрывания фрагмента. Развязка по данным даст возможность перенести часть функционала именно на приложение, а за счет разработанных программных компонентов интерфейсного взаимодействия с пакетами Statistica, MatLab и GPSS оперативно его наращивать.

Пользовательский функционал обеспечивается конструкторами гибридной среды и проигрывателем сценария, которые определяют иерархию приложений, их алгоритмическую структуру и параметризацию при активации с возможностью запуска произвольного количества параллельных процессов. Это определяет функционал инвариантной компоненты гибридной системы. Каждое элементарное приложение имеет свой функционал (рис. 5).

Цель разбиения функций между инвариантной и предметной составляющей – максимально перенести функционал в приложения, что не вызовет больших временных затрат на перепрограммирование инвариантной части системы, т.е. вынести программирование вне системы. Унификация связи по данным позволит приложениям быть доступными друг для друга и для пользователя такое распределение функций будет невидимо.

Такая схема представления элементарных приложений и их взаимосвязь эквивалентна концепции имитационного моделирования, где роль исполняемых приложений выполняют операторы моделирующего алгоритма.

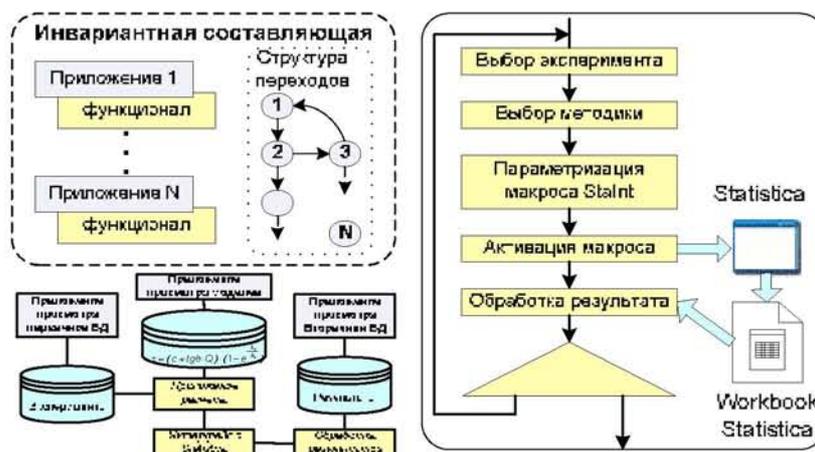


Рисунок 5 – Перераспределения функционала приложений

### МЕХАНИЗМЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ПРИЛОЖЕНИЙ

В имитационном моделировании система представляется множеством параметров  $Q = \{q_i\}_{i=1}^n$ . Каждый параметр  $q_i$  принимает множество значений, обозначаемое в дальнейшем как  $\sigma(q_i)$ . Состояние процесса представляется вектором  $s^i = \langle q_1^i, q_2^i, \dots, q_i^i, \dots, q_n^i \rangle$ , где  $q_i^i \in \sigma(q_i)$ . В этом случае пространство состояний системы  $S = \prod_{i=1}^n \sigma(q_i)$ . Таким образом, пространство состояний системы относится к координатному типу, поскольку натянута на систему координат  $Q$ . Процесс  $Z$  есть четверка  $Z = \langle S, T, F, \alpha \rangle$ , где  $S$  - пространство состояний;  $T$  - множество времен изменения состояний;  $F$  - фазовая характеристика (график), определяемая как  $F: T \rightarrow S$ , причем это отображение должно быть функционально;  $\alpha$  - отношение линейного порядка на  $T$ .

При имитационном моделировании и в процессе реализации сценария возникают блокировки, которые связаны с захватом ресурсов системы. Сцепленность операторов имитационного процесса (объекты или приложения сцеплены  $O_1 \rightarrow O_m$ , если имеется пересечения в пространстве состояний) переносится на сцепленность параллельных пользовательских приложений, особенно при реализации сетевых технологий, многопользовательских деловых игр в обучении, когда для активации процесса одного пользователя необходимы данные другого, что выражается через связь элементарных приложений.

Аналогично сцеплению объектов, определяется и сцепленность элементарных операторов имитационного процесса  $h_i$  и  $h_k$  ( $h_i \rightarrow h_k$ ), что соответствует элементарным приложениям сценария. Тогда процессный подход к проектированию сценария позволит выявить взаимосцепленность процессов, которая приведет к конфликтной ситуации. Наоборот, в задачах моделирования управления технологическими машинами множество элементарных приложений взаимосцеплены (взаимосцепленность моделей всех колес многоколесной машины), но в этом случае задача моделирования решается за счет итерационной процедуры последовательного запуска всех сцепленных элементарных приложений с целью согласования параметров.

На рисунке 6 приведен пример для случая 9 параллельных процессов, где логические условия и определяют взаимосвязь пользователей в связанных сценариях и для каждого процесса  $Z_i$  указан текущий элементарный оператор в следующих обозначениях  $\langle h_n^{i,c}, h_n^{i,y} \rangle$ , где  $i$  - номер процесса (он же - номер строки);  $n$  - порядковый номер элементарного оператора в своем треке;  $c$  - символ "состояние";  $y=l$  - символ логического условия продвижения инициатора;  $y=t$  - символ временного условия продвижения инициатора.

При имитации наиболее общий способ управления процессами при захвате ресурсов, что и определяет в сценарии блокировку, состоит в создании соответствующих К-блоков. Контроллер (К-блок) представляет агрегат, выполняющий операции над внешними инициаторами в соответствии с собственным алгоритмом. Агрегат (А-блок) - блок, в котором развивается один единственный процесс. Процессор (П-блок) предназначен для генерации подобных процессов,

инициаторы которых являются внешними по отношению к блоку. На рисунке 7 приведен пример блочной схемы двух процессов.

Начальное состояние

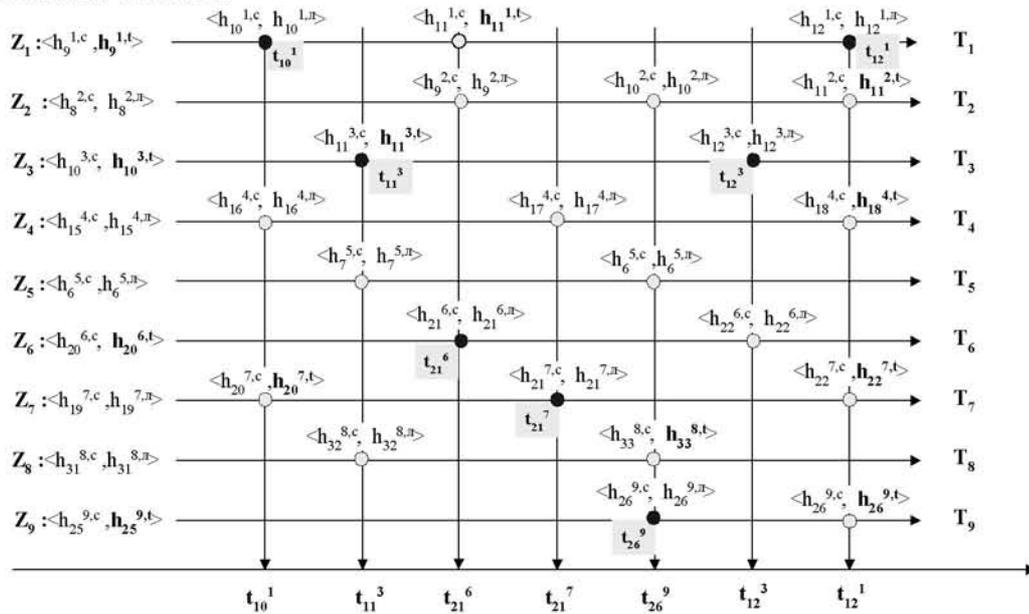


Рисунок 6 – Пример реализации процессов через события

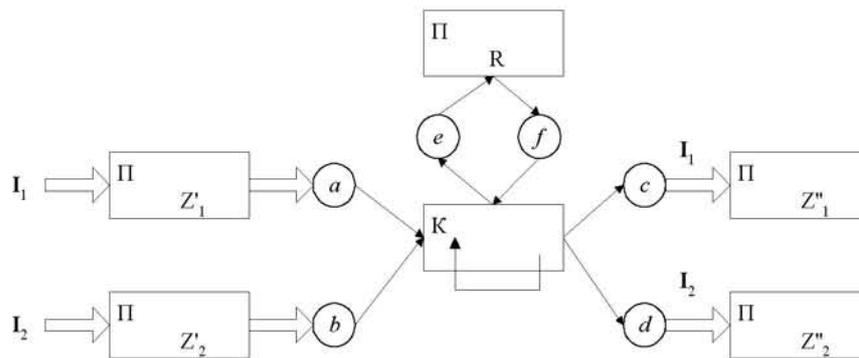


Рисунок 7 – Применение К-блоков при разрешении конфликтов на R

Здесь первые П-блоки реализуют процессы  $Z_1'$  и  $Z_2'$  в пространстве  $Q/R$ ; затем производится пассивизация инициаторов  $I_1$  и  $I_2$ , они переводятся в параметры  $a$  и  $b$  соответственно. К-блок рассматривает ситуацию с входными параметрами в соответствие с собственным алгоритмом. Приняв решение о захвате ресурса каким-либо процессом, К-блок передает  $a$  или  $b$  в параметр  $e$  и активизирует его, отсылая в П-блок ресурса  $R$ . После завершения процесса в  $R$  выдается сигнал в параметре  $f$ , в ответ на который К-блок передает параметр-инициатор в  $c$  либо  $d$  и активизирует его, отсылая на продолжение процесса  $Z_1''$  либо  $Z_2''$  в соответствующие П-блоки. Приведенная схема управления имитационным процессом полностью переносится на управление пользовательскими сценариями для блокировки и активации элементарных приложений.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате, предложена структурная декомпозиция функциональных приложений гибридной среды системы поддержки принятия решений, основанная на формализации элементарных приложений с динамической алгоритмической структурой сценария. Разработана формальная модель синхронизации разнородных программных приложений и методика организации общего информационного пространства на основе процессно-ориентированной схемы описания параллельных сцепленных методов и алгоритмов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Балдин А.В., Борисевич В.Б. Принципы построения гибридных систем поддержки принятия решений при моделировании и управлении технологическими процессами. – М.: «Техполиграфцентр», 2005. – 151 с.
2. Бернер Л.И. Проблемы проектирования и эксплуатации интегрированных систем поддержки принятия решений в многоуровневых АСУ непрерывными технологическими процессами // М.: Изд-во «Техполиграфцентр», 2010. – 210 с.

### **Николаев Андрей Борисович**

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), г. Москва  
Доктор технических наук, декан, профессор  
Тел.: (499) 155-04-72  
E-mail: [kafedra@asu.madi.ru](mailto:kafedra@asu.madi.ru)

### **Солнцев Алексей Александрович**

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), г. Москва  
Кандидат технических наук, декан, доцент  
Тел.: (499) 151-25-38  
E-mail: [kafedra@asu.madi.ru](mailto:kafedra@asu.madi.ru)

### **Строганов Виктор Юрьевич**

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), г. Москва  
Доктор технических наук, профессор  
Тел.: (499) 155-04-72  
E-mail: [kafedra@asu.madi.ru](mailto:kafedra@asu.madi.ru)

### **Тимофеев Павел Анатольевич**

ЗАО «Центр анализа проектов»  
Кандидат технических наук, доцент, советник  
Тел.: (495) 727-10-40  
E-mail: [kafedra@asu.madi.ru](mailto:kafedra@asu.madi.ru)

### **Брыль Владимир Николаевич**

Научно-исследовательский центр электронно-вычислительной техники (ОАО НИЦЭВТ), г. Москва  
Кандидат технических наук, начальник отдела «Интеллектуальные технологии»  
Тел.: +7(910)4040808

---

A.V. NIKOLAYEV, A.A. SOLNTSEV, V.Yu. STROGANOV, P.A. TIMOFEYEV, V.N BRYL

## **METHOD OF APPLICATION INTEGRATION IN HYBRID DECISION SUPPORT SYSTEM WITH AN OPEN STRUCTURE**

*The article proposes the integration of a custom shell decision support system with powerful mathematical packages based on the unification of the user interface. The main principles of creating a hybrid decision support system with an open structure. A technique, which is a combination of methods and models from the algorithmic structure, and binding to a heterogeneous database system, as well as the synchronization model of heterogeneous software applications.*

**Keywords:** *Integration, hybrid systems, synchronization, open structure, decision support.*

## **BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Baldin A.V., Borisevich V.B. Principy` postroeniya gibridny`x system podderzhki prinyatiya reshenij pri modelirovani i upravlenii texnologicheskimi processami. – М.: «Техполиграфцентр», 2005. – 151 с.
2. Berner L.I. Problemy` proektirovaniya i e`kspluatacii integrirovanny`x sistem podderzhki prinyatiya reshenij v mnogourovnevny`x ASU neprery`vny`mi texnologicheskimi processami // М.: Изд-во «Техполиграфцентр», 2010. – 210 с.

УДК 007.51:502.22

В.И. РАКОВ, И.С. КОНСТАНТИНОВ

**ПРАГМАТИЧЕСКИЙ ВЗГЛЯД НА ТЕХНИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*Обсуждаются вопросы обеспечения безопасности жизнедеятельности с системных позиций как безопасности целенаправленной деятельности в процессах целеполагающей жизни и единства структурообразующих частей триады «человек-техника-среда».*

*Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности; сложная организационно-техническая система; внешняя среда; управление.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Считают, что в связи с тем, что техногенная среда зачастую несёт в себе больше опасности и потенциального вреда, чем возможности обеспечения комфорта и эффективности пребывания в ней, основной целью при исследовании проблем безопасности жизнедеятельности (БЖД) является разработка образовательных, технических, антропотехнических и организационных средств обеспечения возможности продолжения жизнедеятельности на основе адекватной оценки взаимовлияния человека и среды обитания. При этом полагают, что основная нагрузка в исследовании ложится на создание подходящих моделей взаимообусловленности Живого (человека) и Технического (техники) как определенной сложной системы и Среды, в которой реально развиваются все процессы взаимодействия [1].

Однако такое вполне понимаемое и естественное восприятие проблемы БЖД как взаимовлияния человека и среды оставляет, по нашему мнению, несколько в стороне важную трактовку проблематики. Безопасность жизнедеятельности – это не только безопасность жизнедеятельности человека.

В неразрывной триаде «человек-техника-среда» каждая компонента связана с каждой, и желание обеспечить только безопасность одной компоненты (скажем, человека), не заботясь о безопасности остальных частей триады, может привести к противоположному результату или даже к непредсказуемым и катастрофическим последствиям. Так, целенаправленная деятельность человека в рамках конкретных технологических процессов может быть не безопасной как для технологического оборудования, так и для среды обитания, что, в свою очередь, вполне может создать опасные условия для существования самого человека.

Другими словами, безопасность жизнедеятельности всё-таки может и должна рассматриваться не только традиционно, но и как существенно важное свойство единой системы «человек-техника-среда» без ущемления роли каждой её структурной «единицы».

Этимология термина «безопасность жизнедеятельности» сводится обычно к двум толкованиям. Во-первых, широкому философскому представлению безопасности жизнедеятельности как безопасности деятельности и жизни, отмечая тем самым существование как целенаправленной, так и определенной нецеленаправленной составляющих жизненных процессов; во-вторых, более прагматичному представлению безопасности жизнедеятельности как безопасности целенаправленной деятельности в процессах целеполагающей жизни.

Оставаясь в рамках прагматического представления безопасности жизнедеятельности, в работе сделана попытка формулирования идеи обеспечения безопасности жизнедеятельности с позиций оценки единства структурообразующих частей триады «человек-техника-среда».

**СЕМАНТИЧЕСКАЯ ОСНОВА ПОНЯТИЯ «БЕЗОПАСНОСТИ»**

Очевидно, что исследование особенностей единства структурообразующих частей такого сложного образования как «человек-техника-среда» в значительной степени

определяется тем базовым смыслом, который вкладывается собственно в представления о «безопасности».

Традиционно, в «Толковом словаре» В.И. Даля понятие «безопасности» охватывает толкование терминов «опасать», «обезопасить» и «безопасный», означающих действия и факторы:

- предостерегать, внушать спасенье, оберегать, охранять, стеречь, сторожить, караулить, наблюдать, присматривать; брать под свою опеку, покровительство, быть заступником;
- защитить вовремя, до поры; охранить, соблюсти, оборонить, обеспечить, устранить опасность; укрыть, закрыть, принять меры к целости чего-то, защититься загодя;
- отсутствие опасности; сохранность, надежность, безвредность.

В основе такого традиционного представления о «безопасности» лежат две семантические единицы. Это представления о сохранности объекта как целостного образования и представления о защите объекта с позиций единого целого.

### **ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАННОСТИ КАК СИСТЕМНЫЙ МЕХАНИЗМ ОРГАНИЗАЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ**

Анализ показывает, что обеспечение безопасности в виде мероприятий по сохранности менее всего касается процессов адаптации или приспособления. По нашему мнению, вопросы безопасности именно в виде обеспечения сохранности должны исследоваться в границах обеспечения требуемого функционирования объекта как сложной организационно-технической системы.

Любая система как материальное образование характеризуется своими вещественными, энергетическими и организационными характеристиками (ВЭО – компонентами) (проф. Антомонов Ю.Г., 1968 [2,3]). Поэтому можно полагать, что «жизнедеятельность» конкретной системы – это изменение состояния вещества, энергии или структуры в пространстве и времени в этих неких ВЭО-компонентах. Когда изменения приводят к тому, что их содержательность выходит за установленные границы, можно считать, что жизненный цикл системы заканчивается и система либо ликвидируется, либо превращается в иное материальное образование.

Жизнедеятельность технического изделия принято определять интервалом времени от возникновения проектной идеи до ликвидации изделия (акад. Автомонов В.Н. [4]), а сам процесс жизнедеятельности технической системы принято называть её функционированием. Абстрактное понятие границ заданной содержательности ВЭО-компонент может определяться по-разному и, как правило, его связывают с несколькими представлениями [5]:

а) с понятием целевой функции системы как формальной модели деятельности, отражающей качество функционирования не столько системы в целом, сколько её структурообразующих компонент;

б) с понятием формулировки на естественном языке различных проявлений характера функционирования системы посредством оценки её свойств, качеств или особенностей. Здесь проводится оценка системы «извне», поскольку свойства есть результат взаимодействия системы с иными материальными образованиями (другими объектами);

в) с понятием формулировки смысла деятельности на естественном языке. При таком представлении границ заданной содержательности ВЭО-компонент саму формулировку обычно называют целью системы. Поскольку любое техническое изделие рукотворно и создается для исполнения конкретных задач по удовлетворению потребностей человека в течение ограниченного времени, то формулировка смысла деятельности в большой степени указывает на временные границы заданной содержательности ВЭО-компонент.

В повседневной практике в процессе взаимодействия с системой человек постоянно меняет точку зрения на свою функциональную принадлежность, являясь то составной частью системы, то составной частью среды, то участником их взаимодействия или творцом текущих отношений. Проявляя активность внутри такой «функциональной структуры», человек явно воспринимает лишь отдельные проявления характера функционирования

системы. При этом он осознаёт и выражает их разными лингвистическими формами, включая и то, что принято именовать целевыми функциями.

Как правило, понятны формулировки свойств системы на этническом языке и вполне естественно то, что и границы заданной содержательности ВЭО-компонент, и сам процесс функционирования, и оценки качества функционирования связываются человеком с наличием или отсутствием требуемых свойств системы. Поэтому изначально формулируется набор определенных свойств, а пока система и среда обладает этими свойствами, её функционирование рассматривается и оценивается как приемлемое, допустимое или требуемое.

Любая организационно-техническая система состоит из отдельных компонент, между которыми реализуется такое взаимодействие, при котором функционирование системы проявляет требуемые свойства [7]. Совокупность этих взаимодействующих компонент и их взаимоотношения определяют структуру системы. С одной стороны, можно утверждать, что структура определяет все возможные свойства, которыми обладает система; а с другой, что для любого набора свойств существует некая «минимальная» структура, «порождающая» эти свойства. В простейшем случае структура системы может быть представлена следующим набором характеристик [8]: элементной базой, то есть тем, из чего образована система; внутренними взаимоотношениями (отношения между элементами, состояния элементов, отношения между частями системы); внешними взаимоотношениями («объект-среда», «части объекта-среда»); взаимоотношениями различных типов отношений (отношения над отношениями).

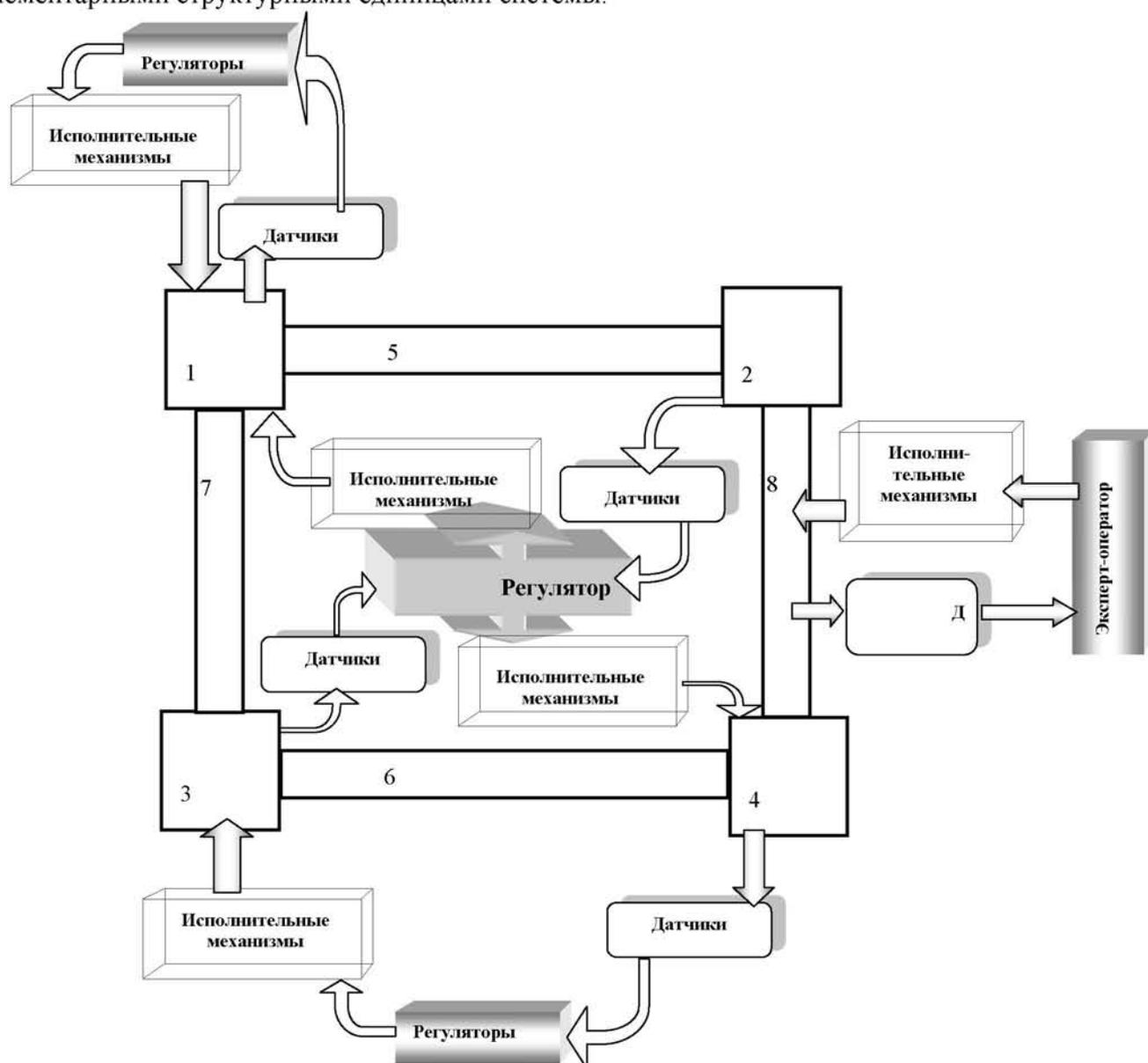
Полагая, что в формировании каждого требуемого свойства системы участвует ограниченное и конечное множество разнообразных элементов и «отношений», будем для простоты считать, что разные свойства обуславливаются различными наборами элементарных структурных единиц. В таком случае обеспечение требуемого свойства системы – это наблюдение и регулирование состояний соответствующих элементарных структурных единиц системы, то есть, если необходимо обеспечить системе определенное качество (свойство), то надо осуществить управление каждым элементом и «отношением» (элементарными структурными единицами), которые участвует в формировании этого качества. По существу, это можно достичь за счет реализации внутренних по отношению к системе замкнутых контуров управления, где в роли объекта управления выступают элементарные структурные единицы системы.

Таким образом, требуемое функционирование системы обеспечивается многообразием организованных на этой системе взаимодействующих контуров управления её элементарными структурными единицами (рис. 1.). Всё это переводит решение вопросов обеспечения безопасности в аспекте мероприятий по сохранности объекта как целостного образования в рамки проблематики теории управления.

Конкретные условия эксплуатации (технологические среды), изменяющиеся требования производства, изменяющиеся запросы потребителей (внешней среды) делают событие удовлетворительного качества функционирования системы недолговечным. Поэтому вполне понимаемы действия специалистов либо по удержанию достигнутого уровня качества функционирования, либо по улучшению показателей. И акции «удержания», и акции «улучшения» в процессе эксплуатации или функционирования системы предполагают дополнительное проектирование («допроектирование», «перепроектирование» и тому подобные доработки).

В результате жизненный цикл инженерного объекта, выражающийся цепочкой «проектирование - изготовление - эксплуатация - ликвидация» [4], можно представить несколько иначе: «проектирование – изготовление – эксплуатация - {проектирование (доработки) – модернизация («изготовление дополнительных «узлов») - эксплуатация} - ликвидация», где действия в {} могут быть выполнены от нуля до нескольких раз. Другими словами, проектирование [6], играющее важную роль в обеспечении текущих свойств системы и текущего требуемого качества её функционирования, при решении вопросов

обеспечения безопасности в аспекте мероприятий по сохранности объекта как целостного образования можно рассматривать в качестве технологии, сопутствующей управлению элементарными структурными единицами системы.



*Рисунок 1 – Пример вариантов структуры для обеспечения безопасности как сохранности требуемых свойств системы посредством регулирования состояний отдельных элементарных структурных единиц системы, где: 1,2,3,4,5,6,7,8 - элементарные структурные единицы системы, среди которых 1,2,3,4 – элементы; 5,6,7,8 – коммуникации (связи и отношения)*

Время и непредвиденные изменения условий эксплуатации системы влекут за собой естественную потерю отдельных или многих её свойств. В этом аспекте обеспечение безопасности жизнедеятельности системы требует проведения упреждающих мероприятий по обеспечению её требуемого функционирования. Очевидно, что принятие любых превентивных мер по обеспечению требуемого функционирования организационно-технической системы возможно только при эффективном прогнозировании ее поведения как в штатном режиме, так и при возникновении различных нештатных ситуаций [12, 16, 17]. Это дает нам основание рассматривать прогнозирование как еще одну сопутствующую управлению элементарными структурными единицами системы технологию.

Есть ещё одна из существенных причин обращения к вопросам управления и к проблематике автоматизации. Любой организационно-технический процесс (в том числе, и

жизнедеятельности) обрастает различными средствами автоматизации, а используемое оборудование, средства и строения – различными схемами управления и регулирования, способствующими улучшению их текущего функционирования и повышению текущего качества соответствующих технологических процессов. Другими словами, качество функционирования системы обеспечивается активными мероприятиями по поддержке требуемых состояний соответствующих элементарных структурных единиц системы посредством дополнительно организованных контуров регулирования или управления этими состояниями.

Всё это даёт основание утверждать, что наиболее естественным и подходящим системным «механизмом» организации безопасности в плане сохранности жизнедеятельности сложной системы как процесса её требуемого функционирования является создание многообразия взаимодействующих контуров управления, обеспечивающих необходимые состояния элементарным структурным единицам системы.

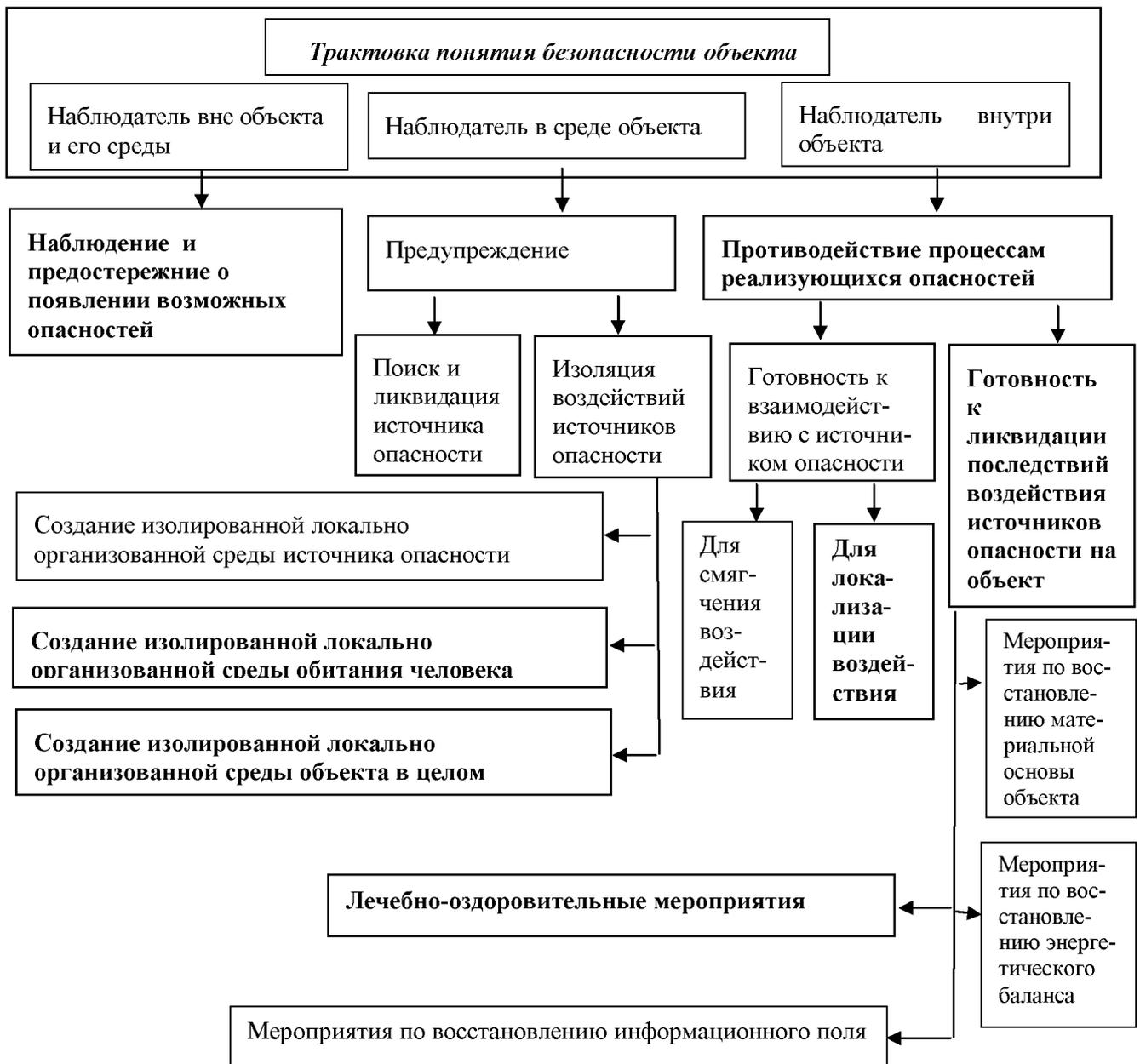


Рисунок 2 – Методологическая структура представлений по обеспечению безопасности

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАЩИТЫ КАК СИСТЕМНЫЙ МЕХАНИЗМ ОРГАНИЗАЦИИ БЕЗОПАСНОСТИ

Любая нештатная ситуация предполагает возникновение непредвиденных изменений условий эксплуатации системы. В этом случае особо актуальными становятся положения, определяющие руководящую идею по организации мероприятий защиты.

Здесь допустимы самые разные возможности:

- система репродуцирует: система воспроизводит себе подобные в конкретной среде функционирования;
- система адаптируется: изменяется структура системы (тем самым, и поведение) для сохранения целевой функции в той среде, с которой происходит взаимодействие;
- система приспособливается: изменяется целевая функция для сохранения структуры системы в той среде, с которой происходит взаимодействие;
- систему защищают извне: проводится изолирование среды;
- система защищает сама себя: организуется взаимодействие системы со средой (например, сотрудничество с ней) и так далее.

При этом нельзя не согласиться с тем, что безопасности как процессу защиты системы традиционно присущи три её составляющих (рис. 2.):

1) наблюдение и предостережение. Основу разрешения вопросов предостережения об опасностях составляют методы организации прогнозирующих процессов и экспертные технологии оценивания влияния опасностей и последствий их воздействия [11,12,15,16,17];

2) предупреждение опасности. Граница среды объекта определяет возможности защиты от опасностей лишь в рамках самой её локальной организованности при условии наличия методик поиска источников опасности и организации изолирования их воздействий;

3) противодействие. Фактор открытости системы (наблюдатель внутри объекта) обуславливает организацию защиты по всем направлениям структуры самого объекта и, прежде всего, по направлению взаимодействия объекта с его локально-организованной средой.

Можно по-разному смотреть на безопасность как организацию защиты. Однако при любом исследовании вряд ли удастся абстрагироваться от среды. Несмотря на содержательную равноправность компонент (человека, техники и среды), при моделировании систем вполне понимаемо желание основываться на первичности представлений именно о среде [9].

Среда выступает как нечто такое, без которого не может существовать, исследоваться и изучаться любой сложный объект; среда конкретного явления проявляется как «тень» - образ, отображающий и, казалось бы, не влияющий на явление; как нечто «паразитирующее» (конкретное организованное вещество и организованная энергия) на «теле» явления; как нечто, изменяющее свойства явления, возможно, даже в требуемом направлении; как то, что порождает и не отпускает от себя ни при каких обстоятельствах; как нечто «отеческое» - способствующее, стимулирующее и защищающее; среда как нечто препятствующее и негативное; как нечто сопутствующее и неотрывное от самого существа явления или системы. Наконец, среда представляется как некий «внутренний шум» объекта, как его «внешняя возмущающая оболочка» и так далее, и тому подобное.

Поэтому исследование мероприятий, обусловленных средой или взаимодействием системы со средой в плане обеспечения успеха при решении вопросов безопасности жизнедеятельности, также является актуальным. Традиционно выделяют среду инженерного и интеллектуального объектов.

*Среда инженерного объекта* [10]. При исследовании среды инженерного объекта полагают важным начальное умение отделить (отграничить) систему от среды, с которой взаимодействует система. Иногда даже определения системы базируются на факте выделения системы из среды (например, определения Дж. Миллера, А. Раппопорта, Л.А. Блумфельда). Частным случаем выделения системы из среды является определение её через «входы» и «выходы», посредством которых система взаимодействует со средой (так

называемое представление системы в виде «черного ящика»). На этой модели основано первоначальное определение системы у доктора У.Р. Эшби, Д. Эллиса и Ф. Людвиг, Р. Кершнера, Дж. Клира и М. Валяха.

Сложное взаимодействие системы с её окружением отражено в определении В.Н. Садовского и Э.Г. Юдина, в котором отмечается, что, во-первых, система образует особое единство со средой; во-вторых, любая исследуемая система представляет собой элемент системы более высокого порядка; в-третьих, элементы любой исследуемой системы обычно выступают как системы более низкого порядка.

Среда есть совокупность всех объектов, изменение свойств которых влияет на систему, а также тех объектов, чьи свойства меняются в результате поведения системы. Уточнение или конкретизация определения системы в процессе исследования влечет соответствующее уточнение её взаимодействия со средой и определение самой среды.

В этой связи важно уметь прогнозировать не только состояние системы, но и состояния среды с учётом её неоднородности – материальной, социальной, экономической и иной природы.

В процессе исследования граница между системой и средой может деформироваться. Уточняя модель системы, наблюдатель может «возвращать» в среду некоторые составляющие, которые он первоначально включил в систему. И, наоборот, исследуя корреляции между компонентами системы и среды, он может посчитать целесообразным составляющие среды, сильно связанные с компонентами системы, включить в систему [12,18].

**Среда интеллектуального объекта.** К среде интеллектуального объекта традиционно относят всё то, что человек может зафиксировать как непосредственно через органы чувств, так и с применением технических средств; всё то, что воздействует на состояние человека, восстанавливая, поддерживая или ухудшая его здоровье; всё то, что способствует или препятствует мыслительности, производственной деятельности, экодеятельности, антропотехнической деятельности человека как биологического объекта, как личности (индивидуума) в социальной группе. При этом среда интеллектуального объекта во многом обуславливает, а подчас и буквально формирует среду инженерного объекта в сложной системе.

Важным обобщающим положением традиционного представления о среде является методологическое заключение, изложенное профессором Чулковым [13] о фундаментальности процессов мониторинга, диагностики и регулирования качества среды и управления её компонентами.

Таким образом, понятие среды является достаточно продуктивным в плане понимания темы и формирования представлений о возможностях восприятия и регулирования жизнедеятельности сложного объекта (системы). Можно говорить о важной роли понятия среды как некой абстракции, способствующей более ясному и чёткому пониманию функций человека, инженерного объекта и проблемных обстоятельств, сопутствующих деятельности сложной системы. Однако это только одна сторона представлений о среде. Значительно весомее другое – то, что среда есть «осязаемая» реальность.

**Среда как локально-организованная объективная реальность.** Определим среду как совокупность всего того, что способствует и препятствует требуемому функционированию конкретной сложной системы. В каждый момент времени, в различных условиях среда, взаимодействуя с объектом, может проявлять себя по-разному и представляться в виде соответствующих ситуации моделей – моделей локально-организованных сред. Очевидно, что подмножества рассматриваемых компонент, связей и параметров внешней среды и прочие характеристики локально-организованной среды определяются целью моделирования. Если модель локально-организованной среды рассматривать как модель состояния среды, относящуюся исключительно к конкретному системному кванту жизнедеятельности сложного объекта, то внешняя среда может рассматриваться как совокупность локально-организованных сред, существующих, взаимодействующих и

взаимосвязанных во времени и пространстве параметров внешней среды. Сами локально-организованные среды конкретного объекта могут проявлять себя как реальные объекты с организованной структурой и определенным поведением относительно исходного объекта.

Установление границ локально-организованной среды и системы во многом зависит от положения исследователя как наблюдателя:

1) наблюдатель относит себя к среде, представляет систему как изолированный элемент среды и определяет множество свойств и отношений локально-организованной среды как объекта, взаимодействующего с системой;

2) наблюдатель относит себя к системе и представляет локально-организованную среду как изолированный объект, взаимодействующий с системой;

3) наблюдатель выделяет себя из системы и из среды и рассматривает их как два, постоянно взаимодействующих между собой объекта, учитывая этот факт при моделировании.

Очевидно, что вопросы построения модели внешней среды как множества локально-организованных сред и формализация локально-организованной среды для конкретного объекта в конкретной ситуации, являют собой сложную проблему, пути решения которой далеко не однозначны, они требуют глубокого осмысления и представляют собой отдельное направление исследований.

Несмотря на сложности моделирования, развитие такого представления среды применительно ко всему интервалу жизненного цикла системы может получить разные методологические продолжения в зависимости от целей моделирования.

В частности, для формулирования идеи обеспечения защиты и системного механизма обеспечения безопасности жизнедеятельности можно предположить, что среда конкретной системы, как источник угроз проявляет себя в виде совокупности локально-организованных сред в зависимости от пространственно-временных, ситуационных или иных факторов. Локально-организованные среды показывают себя как некоторые реальные объекты с вполне организованной структурой, наделённой целесообразным поведением относительно данной системы, взаимодействующие с системой и с внешней средой по отношению к ним самим и к новому, целостному в конкретном пространственно-временном промежутке материальному образованию «локально организованная среда - система».

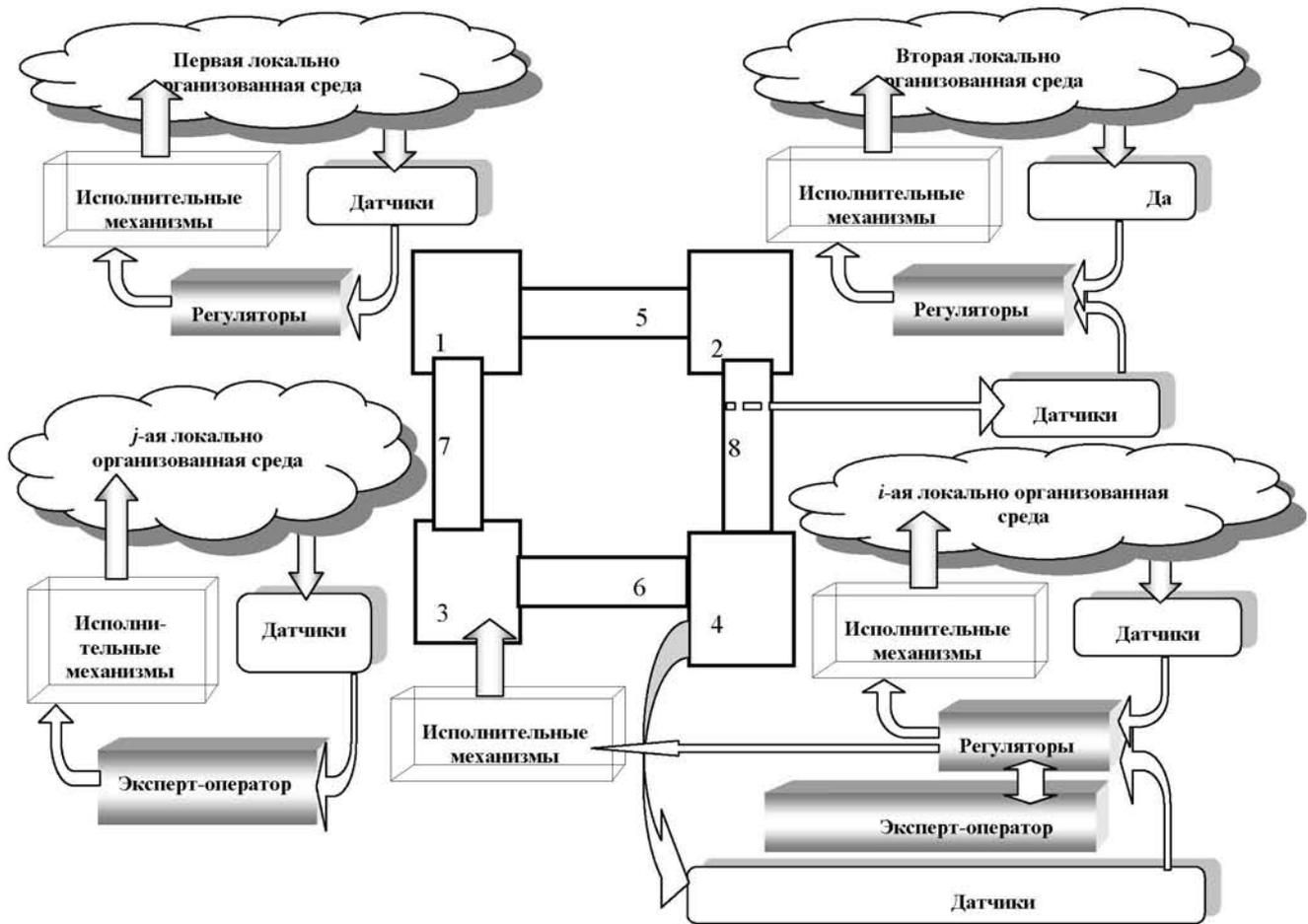
Для таких новых материальных образований можно применить сформулированный в первой части данной статьи системный механизм организации безопасности жизнедеятельности для обеспечения сохранности, что позволит решить проблему обеспечения защиты исходной сложной системы. То есть, проблема обеспечения защиты сводится к проблеме обеспечения сохранности в конкретном пространственно-временном промежутке материального образования «локально организованная среда - система» за счет создания замкнутых контуров автоматического или автоматизированного управления, задающих требуемые состояния элементарным структурным единицам этого нового материального образования (рис. 3.).

### **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Толкование процессов обеспечения безопасности жизнедеятельности в ракурсе представлений о равноправности компонент, первичности представлений о среде и целостности системы «человек-техника-среда» привело к довольно прагматичному результату.

Надо «запустить» два системных механизма – сохранности и защиты, которые фактически возвращают от «романтических» представлений о безопасности жизнедеятельности к реальности обеспечения требуемого функционирования системы «любым путем» при «любых условиях».

Это непременно означает перевод тематики безопасности в границы теории управления, то есть в границы процессов организации замкнутых контуров автоматического или автоматизированного управления «внутри» системы и над «элементами» среды.



*Рисунок 3 – Отдельные варианты обеспечения безопасности жизнедеятельности как сохранности требуемых свойств среды посредством регулирования состояний отдельных «элементарных структурных единиц» материального образования «локально-организованные среды - система», где: 1,2,3,4,5,6,7,8 – компоненты системы*

Идея достижения требуемого функционирования посредством организации дополнительных контуров управления на структуре системы ранее получила название презумпции управления [5,14]. Поэтому в заключении можно сказать следующее. Во-первых, презумпция управления как методический приём – это прагматический взгляд на технический аспект обеспечения безопасности жизнедеятельности. Во-вторых, презумпция управления – это и есть предлагаемая парадигма обеспечения безопасности жизнедеятельности в рамках её технического представления.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безопасность жизнедеятельности. Организационно-антропотехническая надежность функциональных систем мобильной среды строительного производства / под ред. проф. Чулкова В.О. – М.: Изд-во Ассоциации Строительных ВУЗов, 2003. – 176 с.
2. Антомонов Ю., Харламов В. Кибернетика и жизнь. – М.: Сов. Россия, 1968. – 327 с.
3. Антомонов Ю. Г. Размышления об эволюции материи. – М.: Советская Россия, 1976. – 176 с.
4. Автономов В.Н. Создание современной техники. Основы теории и практики. – М.: Машиностроение, 1991. – 304 с.
5. Раков В.И. О некоторых принципах формирования структур интегрированных АСУ / Промышленные АСУ и контроллеры, 2007. – №5. – С. 34-38.
6. Диксон Д. Проектирование систем: изобретательство, анализ и принятие решений. – М.:

- Мир, 1969. – 440 с.
7. Квейд Э. Анализ сложных систем. – М.: Сов. радио, 1969. – 519 с.
  8. Раков В.И. О семантике процессов интеграции АСУП и АСУТП. / Промышленные АСУ и контроллеры, 2004. – №8. – С. 60-65.
  9. Раков В.И., Чулков В.О. Нелинейность инфографического моделирования в управлении интеллектуальными инженерными объектами / под ред. проф. В.О. Чулкова. – М.: Изд-во «СвР-АРГУС», 2006. – 256 с.
  10. Системный анализ в экономике и организации производства / под общей ред. С.А. Валусева, В.Н. Волковой. – Л.: Политехника, 1991. – С. 29-30.
  11. Иващук О.А. Повышение экологической безопасности автотранспорта региона на основе систем мониторинга с использованием интеллектуальных технологий. – Орел: Изд-во ОрелГАУ, 2008. – 244 с.
  12. Иващук О.А., Константинов И.С. Теоретические основы построения автоматизированной системы управления экологической безопасностью промышленно-транспортного комплекса / под ред. И.С. Константинова. – М.: Машиностроение, 2009. – 205 с.
  13. Инфография / под ред. проф. В.О. Чулкова. – М.: Изд-во «СвР – АРГУС», 2006. – Том 1: Инфографическое моделирование триады «человек - техника - среда». – 288 с.
  14. Раков В.И. «Презумпция управления» для методик системного анализа / Известия ОрелГТУ, 2005. – Серия «Информационные системы и технологии». – № 2(8). – С.74-85.
  15. Константинов И.С., Иващук О.Д. Особенности построения и интеллектуализация системы экомониторинга в составе автоматизированной системы управления экологической безопасностью // Информационные системы и технологии. – 2010. – № 6(62) ноябрь-декабрь. – С. 113-118.
  16. Константинов И.С., Кузичкин О.Р. Организация систем автоматизированного электромагнитного контроля геодинимических объектов / Известия ОрелГТУ, 2008. – Серия «Информационные системы и технологии». – № 4-3/272(550) – С. 13-16.
  17. Константинов И.С., Веригин А.Н., Раков В.И. Лингвистическое прогнозирование в структурах управления. – С.-Пб.: Изд-во С.-Пб. ун-та, 1998. – 165 с. – ISBN 5-288-02158-9.

**Раков Владимир Иванович**

ФГОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел  
Доктор технических наук, профессор кафедры «Информационные системы»  
Тел.: (0862) 76-19-10 (кафедра), 8 906 660 44-94  
E-mail: [rakov2010vi@mail.ru](mailto:rakov2010vi@mail.ru)

**Константинов Игорь Сергеевич**

ФГОУ ВПО «Госунiversитет – УНПК», г. Орел  
Доктор технических наук, профессор, чл.- корр. РАЕН и инженерной академии наук,  
заведующий кафедрой «Информационные системы»  
Тел.: (0862) 76-19-10  
E-mail: [konstantinov@ostu.ru](mailto:konstantinov@ostu.ru)

---

V.I. RAKOV, I.S. KONSTANTINOV

**PRAGMATIC VIEW OF THE TECHNICAL ASPECTS  
OF THE LIFE**

*Discusses security issues vital to the system without a position as a risk-focused activities in the process of purposeful life and the unity of structure roobrazuyuschih parts of the triad of «human-vehicle-environment».*

**Keywords:** *life safety; the complex organizational and technical system; external environment; management.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti. Organizacionno-antropotexnicheskaya nadyozhnost' funkcional'ny'x sistem mobil'noj sredy' stroitel'nogo proizvodstva / pod red. prof. Chulkova V.O. – М.: Изд-во Ассоциация Строителей VUZov, 2003. – 176 с.

2. Antomonov Yu., Xarlamov V. Kibernetika i zhizn'. – M.: Sov. Rossiya, 1968. – 327 s.
3. Antomonov Yu.G. Razmy'shleniya ob e'volyucii materii. – M.: Sovetskaya Rossiya, 1976. – 176 s.
4. Avtonomov V.N. Sozdanie sovremennoj texniki. Osnovy' teorii i praktiki. – M.: Mashinostroenie, 1991. – 304 s.
5. Rakov V.I. O nekotory'x principax formirovaniya struktur integrirovanny'x ASU / Promy'shlenny'e ASU i kontrolyory, 2007. – № 5. – S. 34-38.
6. Dikson D. Proektirovanie sistem: izobretatel'stvo, analiz i prinyatie reshenij. – M.: Mir, 1969. – 440 s.
7. Kvejd E'. Analiz slozhny'x sistem. – M.: Sov. radio, 1969. – 519 s.
8. Rakov V.I. O semantike processov integracii ASUP i ASUTP. / Promy'shlenny'e ASU i kontrolyery', 2004. – № 8. – S. 60-65.
9. Rakov V.I., Chulkov V.O. Nelinejnost' infograficheskogo modelirovaniya v upravlenii intellektual'ny'mi inzhenerny'mi ob'ektami / pod red. prof. V.O. Chulkova. – M.: Izd-vo «SvR-ARGUS», 2006. – 256 s.
10. Sistemny'j analiz v e'konomike i organizacii proizvodstva / pod obshhej red. S.A. Valueva, V.N. Volkovoj. – L.: Politehnika, 1991. – S. 29-30.
11. Ivashhuk O.A. Povy'shenie e'kologicheskoy bezopasnosti avtotransporta regiona na osnove sistem monitoringa s ispol'zovaniem intellektual'ny'x texnologij. – Oryol: Izd-vo OryolGAU, 2008. – 244 s.
12. Ivashhuk O.A., Konstantinov I.S. Teoreticheskie osnovy' postroeniya avtomatizirovannoj sistemy' upravleniya e'kologicheskoy bezopasnost'yu promy'shlenno-transportnogo kompleksa / pod red. I.S. Konstantinova. – M.: Mashinostroenie, 2009. – 205 s.
13. Infografiya / pod red. prof. V.O. Chulkova. – M.: Izd-vo «SvR – ARGUS», 2006. – Tom 1: Infograficheskoe modelirovanie triady' «chelovek – texnika – sreda». – 288 s.
14. Rakov V.I. «Prezumpciya upravleniya» dlya metodik sistemnogo analiza / Izvestiya OryolGTU, 2005. – Seriya «Informacionny'e sistemy' i texnologii». – № 2(8). – S. 74-85.
15. Konstantinov I.S., Ivashhuk O.D. Osobennosti postroeniya i intellektualizaciya sistemy' e'komonitoringa v sostave avtomatizirovannoj sistemy' upravleniya e'kologicheskoy bezopasnost'yu / Informacionny'e sistemy' i texnologii. – 2010. – № 6(62) noyabr'-dekabr'. – S. 113-118.
16. Konstantinov I.S., Kuzichkin O.R. Organizaciya sistem avtomatizirovannogo e'lektromagnitnogo kontrolya geodinamicheskix ob'ektov / Izvestiya OryolGTU, 2008. – Seriya «Informacionny'e sistemy' i texnologii». – № 4-3/272(550). – S. 13-16.
17. Konstantinov I.S., Verigin A.N., Rakov V.I. Lingvisticheskoe prognozirovanie v cstrukturax upravleniya. – S.-Pb.: Izd-vo S.-Pb. un-ta, 1998. – 165 s. – ISBN 5-288-02158-9.

Р.И. ХАСАНОВ, Т.З. АРАЛБАЕВ

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАТЕГОРИИ ДОРОЖНОГО ПОЛОТНА НА ОСНОВЕ АССОЦИАТИВНОЙ МОДЕЛИ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

*Приведена математическая модель задачи распознавания образов и высокопроизводительная система идентификации категории дорожного полотна, основанные на принципах ассоциативности и мажоритарности принятия решений.*

**Ключевые слова:** распознавание образов; идентификация; дорожное полотно; принцип ассоциативности; мажоритарное решение.

Диагностирование состояния дорожного полотна (ДП) является одним из основных процессов в системах управления качеством автомобильных дорог и выбора скоростных режимов автотранспортных средств (АТС). Важность задач по диагностированию ДП определяется необходимостью разработки эффективных методов и средств оперативной и достоверной оценки состояния ДП, позволяющих снизить риски аварийной ситуации АТС в условиях быстроменяющейся дорожной обстановки. В настоящее время ведется аттестация и паспортизация автомобильных дорог с присвоением соответствующей категории качества и рекомендациями по выбору скоростного режима АТС с учетом категории. Однако далеко не все дороги занесены в базы данных и доступны водителям АТС. В связи с этим задача оперативного определения категории ДП является актуальной.

Анализ публикаций по данной тематике показал, что в настоящее время ведутся активные исследования по поиску новых средств оперативной оценки транспортно-эксплуатационных параметров ДП, таких, как: продольный и поперечный наклон, ровность, колейность ДП, сцепление поверхности дороги с колесами АТС [1–3]; разрабатываются методы идентификации категории ДП на базе передвижных дорожных лабораторий [3, 6], результаты разработок внедряются в бортовые системы управления АТС [4].

Однако существующие системы оценки качества ДП имеют следующие недостатки:

– невысокая оперативность в принятии решений по оценке состояния ДП, обусловленная низкой производительностью используемых аппаратно-программных средств идентификации ДП, а в ряде случаев – отдаленностью средств сбора и регистрации данных о ДП, в частности, дорожных лабораторий от средств централизованной обработки данных;

– низкая достоверность принятия решений, обусловленная недостаточной репрезентативностью и актуальностью данных о ДП, сложностью задачи идентификации полотна в дорожных условиях при большой зашумленности исходных данных;

– существующие методы недостаточно полно и эффективно учитывают влияние дорожных условий на выбор оптимального скоростного режима и имеют высокую стоимость средств сбора и регистрации данных о ДП (не менее 50 тысяч рублей).

Целью представленной работы является разработка метода идентификации категории ДП с учетом требований повышения производительности и достоверности принятия решения при заданных ограничениях по стоимостным затратам. Для достижения поставленной цели определена организация и архитектура средств идентификации на основе ассоциативной модели распознавания образов, а также алгоритм обучения и распознавания состояния ДП. Автомобильная дорога (АД) представляется в виде совокупности  $m$  участков ДП, представленных на рисунке 1. Каждый участок  $C_i$  длиной  $l$  и шириной  $s$  характеризуется различными показателями. Автомобильные дороги по транспортно-эксплуатационным качествам и потребительским свойствам разделяют на 7 категорий. При этом учитывают следующие 6 признаков [1]:

- количество и ширина полос движения;
- наличие центральной разделительной полосы;
- тип пересечений с автомобильными, велосипедными и пешеходными дорожками;

- тип пересечений с железными дорогами и трамвайными путями;
- условия доступа на автомобильную дорогу с примыканиями в одном уровне.

В свою очередь, уровень транспортно-эксплуатационного состояния каждой категории автомобильной дороги (ТЭС АД) определяется по 7 признакам, к которым относятся: продольный  $\alpha$  и поперечный  $\beta$  уклон, ровность  $r$ , бальная оценка  $b$ , колейность  $k$ , шероховатость  $\gamma$  и коэффициент продольного сцепления  $\phi$ . Согласно [3, 6], различают 4 уровня ТЭС АД: отличное, хорошее, удовлетворительное и неудовлетворительное.

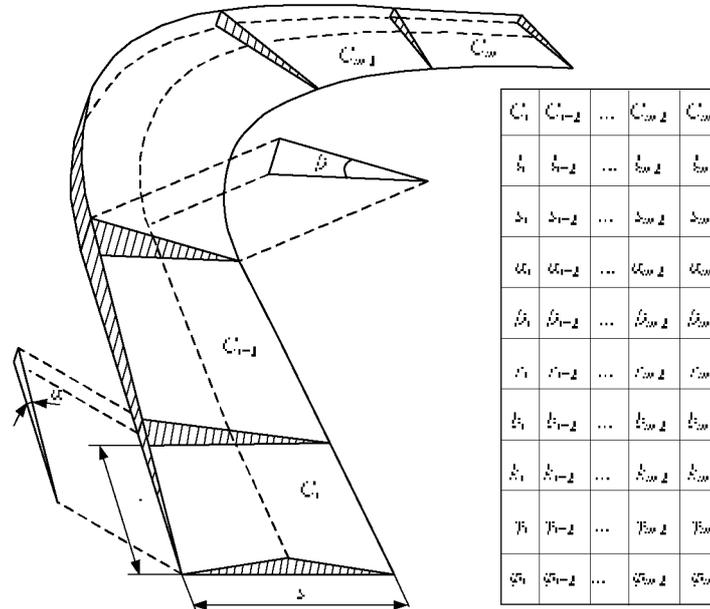


Рисунок 1 – Структурная схема дорожного полотна и фрагмент паспорта автомобильной дороги

$C_i$  – индекс участка ДП;  $l, s$  – длина и ширина  $i$ -ого участка ДП;  
 $\alpha, \beta$  – продольный и поперечный уклон;  $r$  – ровность;  $b$  – бальная оценка;  
 $k$  – колейность;  $\gamma$  – шероховатость;  $\phi$  – коэффициент продольного сцепления

Продольный и поперечный уклон определяются с использованием универсальной дорожной рейки «РДУ-Кондор» [2, 6]. Диапазон измерения продольного уклона составляет 0÷80% с шагом измерения в 1%. Аналогично определяется поперечный наклон, при этом диапазон измерения составляет -30÷+30% с шагом измерения в 1%. Для каждой из 7 категорий дорог приняты соответствующие предельно допустимые уклоны с учетом ТЭС АД. Ровность ДП определяется с использованием множества технических средств [6]: толчкомеров (например, ТХК-2, ТЭД-2М), передвижных дорожных лабораторий (например, «АДС-МАДИ», «КП-514МП»), оснащенных соответствующими установками (например, «ПКРС-2») [3]. Диапазон измерения ровности ДП составляет 0÷800 см/км с шагом измерения в 1 см/км. После определения значения ровности производят его нормирование и приведение к одному из установленных диапазонов [3, 7].

Бальная оценка определяется по количеству и величине трещин, выбоин, гребенок и колейности на оцениваемом участке ДП на основе визуального осмотра или соответствующей оптической аппаратуры [6]. Диапазон бальной оценки составляет 0÷5 баллов с шагом в 0,1 балла. Колейность определяется с использованием измерителя «Кондор-К» или лазерных профилометров, установленных на передвижных дорожных лабораториях [3]. Диапазон измерения составляет 0÷50 мм с шагом измерения в 1 мм.

Шероховатость ДП определяется с использованием множества технических средств [3,6]: маятниковых приборов (например, МП-3, ППК-2), индуктивных и лазерных профилографов. Диапазон измерения составляет [0÷16 мм] с шагом измерения в 1 мм. Коэффициент продольного сцепления определяется по специальной методике [2] в диапазоне 0÷1 с шагом измерения в 0,01. Полученные значения коэффициента  $\phi$  относят к одному из принятых типов покрытия.

Число возможных состояний ДП  $NS$  определяется по формулам (1)-(2) и составляет

более  $10^{13}$ :

$$NS = k \times \prod_{i=1}^n z_i; i = 1, \dots, n; \quad (1)$$

$$z_i = \frac{d_{2i} - d_{1i}}{\Delta}, \quad (2)$$

где  $k$  – количество категорий АД;  $n$  – количество признаков для оценки ТЭС АД;  $z_i$  – количество значений  $i$ -ого признака;  $d_{1i}, d_{2i}$  – начальное и конечное значения диапазона измерения  $i$ -ого признака для оценки ТЭС АД с шагом измерения  $\Delta$ .

Эффективность системы оценки качества и определения категории ДП определяется достоверностью  $D$  принимаемых решений и временем  $T$  проведения диагностирования. Первый параметр определяет положительный эффект в случае точного определения категории ДП, и дополнительные затраты на ремонт ДП в случае ошибки, когда ремонт не нужен. Достоверность оценки категории ДП во многом определяет и достоверность выбора скоростного режима АТС, снижает риск аварийной ситуации. Второй параметр определяет время реакции системы диагностирования на изменение состояния ДП.

Общий вид целевой функции при построении системы идентификации категории ДП имеет следующий вид:

$$E = L \times \lambda \times \prod_{i=1}^N \{ [e_i \times (1 - \delta_i) + z_i \times \delta_i] \times P_i \} \rightarrow \max; T \leq T_3; Z \leq Z_3, \quad (3)$$

где  $L$  – длина исследуемого участка ДП;

$\lambda$  – интенсивность изменения категорий ДП при движении по исследуемому участку дороги;  $e_i$  – эффект от достоверной идентификации ДП;  $z_i$  – эффект от ошибочной идентификации ДП;  $\delta_i$  – вероятность ошибки при идентификации  $i$ -ой категории качества ДП;  $P_i$  – вероятность того, что АТС движется по ДП  $i$ -ой категории качества;  $Z$  и  $Z_3$  – затраты на средства идентификации ДП: фактические и заданные;  $T$  и  $T_3$  – фактическое и требуемое время на идентификацию ДП.

Как видно из выражения (3), критерием оценки качества ДП является достоверность оценки состояния, зависящая от ошибки распознавания категории ДП  $\delta_i$ . Состояние ДП характеризуется комплексом показателей, от которых зависит эффективность работы как автомобильной дороги, так и автомобильного транспорта [6, 7].

К исходным данным задачи идентификации категории ДП относятся: множество категорий (образов) ДП  $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_j, \dots, q_n\}$ ; множество информативных признаков  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_i, \dots, s_m\}$  с известными распределениями значений  $P(s)$ .

Для формализации задачи использованы следующие условные обозначения:

- $q^x$  – образ состояния ДП, подлежащий распознаванию;
- $\langle s_i \rangle$  – зарегистрированное значение  $i$ -ого признака ДП,  $i=1, m$ ;
- $\langle S^x \rangle$  – вектор зарегистрированных значений признаков  $q^x$ ;
- $V\{q^x, Q_j\}$  – мера близости между  $q^x$  и  $j$ -ым образом из множества образов состояний ДП, соответствующих конкретным категориям множества  $Q, j=1, 2, \dots, n$ ;
- $v_{ij}\{\langle s_i \rangle, P, Q_j\}$  – частный параметр оценки распределения значения  $\langle s_i \rangle$  признака  $s_i$  из множества  $S$  для всех классов образов из  $Q$ ;
- $\Phi\{\langle S^x \rangle, P, Q_j\}$  – функционал для вычисления меры близости  $V\{q^x, Q_j\}$ ;
- $P$  – множество функций оценок распределений значений признаков из  $S$  для всех классов образов  $Q$ .

В общем случае в теории и практике распознавания образов в качестве меры близости могут быть использованы: коэффициент парной корреляции, вероятностные оценки метода Байеса, меры близости Хемминга и другие. В данной работе в качестве такой меры используется число максимальных оценок распределений значений признаков из  $\langle S^x \rangle$ , принадлежащих конкретному классу образов из  $Q$ .

Математическая модель распознавания  $q^x$  имеет следующий вид:

$$V\{q^x, Q_j\} = \Phi\{\langle S^x \rangle, P, Q_j\}, j = 1, n; \quad (4)$$

$$\Phi\{\langle S^x \rangle, P, Q_j\} = \sum_{i=1}^m v_{ij} \{\langle s_i^x \rangle, P(s_i), Q_j\}, j = 1, n; \quad (5)$$

$$v_{ij} \{\langle s_i^x \rangle, P(s_i), Q_j\} = \begin{cases} 1, & \text{если } P(s_i^x) = \max P(s_i); \\ 0, & \text{если } P(s_i^x) \neq \max P(s_i); i = 1, m; \end{cases} \quad (6)$$

$$M\{\langle S^x \rangle, Q\} = \begin{pmatrix} v_{11} & v_{12} & \dots & v_{1i} & \dots & v_{1n} \\ v_{21} & v_{22} & \dots & v_{2i} & \dots & v_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & v_{ji} & \dots & \dots \\ v_{m1} & v_{m2} & \dots & v_{mi} & \dots & v_{mn} \end{pmatrix}; \quad (7)$$

$$q^x \in Q^* \in Q : V\{q^x, Q^*\} \equiv \max V\{q^x, Q_j\}, Q_j \in Q, j = 1, n. \quad (8)$$

Выражение (4) описывает функционал для вычисления меры близости  $V\{q^x, Q_j\}$ . Анализ известных подходов к построению разделяющей функции (РФ), алгоритмической сложности РФ и конструктивной сложности ее реализации позволил в качестве базовой функции для построения РФ выбрать функцию ассоциативного вида (5), позволяющую использовать при распознавании связи между  $\langle S^x \rangle$  и  $Q$  через распределения вероятностей значений признаков  $P$ . В матрице (7) каждый столбец соответствует (ассоциирует) частным мерам близости  $v_{ij}$  множества  $\langle S^x \rangle$  для каждого класса образов по всем признакам. Сумма элементов каждого столбца соответствует сумме в выражении (5). Выражение (8) описывает разделяющее правило, при котором отнесение  $q^x$  к одному из классов образов-эталонов  $Q^*$  производится по максимальной величине меры близости, соответствующей сумме элементов в каждом столбце матрицы (7).

При обучении модели производится вычисление элементов матрицы (7) по выражениям (5)-(6). Процесс распознавания  $q^x$  сводится к вычислению суммы элементов матрицы по каждому столбцу, соответствующих  $\langle s^x \rangle$  из  $\langle S^x \rangle$ , и выбору искомого класса образа по максимальной сумме. Принятие решения по максимальной сумме элементов строки матрицы, или по критерию максимальной близости, позволяет реализовать мажоритарный принцип и повышает достоверность распознавания образов. Достоинством представленной модели распознавания образов является высокая производительность, обусловленная простотой алгоритма вычисления разделяющей функции и реализации разделяющего правила. Аппаратная и программная реализация алгоритма на порядок проще и быстрее аналогичного алгоритма распознавания, работающего по методу Байеса. Это достоинство обусловило использование его для распознавания состояния дорожного полотна [5, 8].

На рисунке 2 представлена структурная схема высокопроизводительной системы идентификации состояния ДП на основе ассоциативной модели распознавания образов, позволяющей определить категорию ДП во время движения АТС.

Входными данными для системы оценки являются:

- вектор параметров регистрации  $R = \{S, n, m\}$ ;
- режим работы системы  $U$  (обучение или распознавание).

Потоки измерительной информации определяются перечнем датчиков и режимами работы средств регистрации и обработки данных.

Подсистема регистрации и первичной обработки данных о ДП формирует информационные потоки для подсистемы обучения ассоциативной модели и подсистемы идентификации категории ДП. Формирование базы распределений информативных признаков  $P$  основано на принципе работы амплитудных анализаторов сигналов, что обеспечивает высокое быстродействие, обусловленное простотой алгоритма формирования произвольных распределений. На этапе обучения ассоциативной модели последовательно выбирается соответствующий признак дорожного полотна и организуется регистрация его распределения в базе распределений информативных признаков. По окончании регистрации подсистема формирования ассоциативных признаков по полученным оценкам распределений формирует базу ассоциативных признаков. В результате идентификации

система относит диагностируемое состояние ДП к одной из семи категорий ДП.

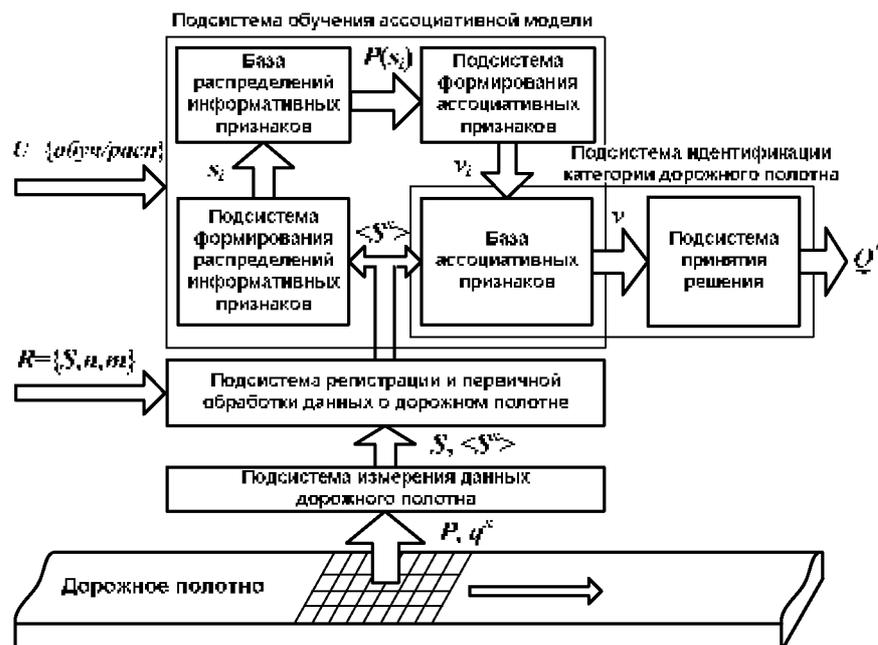


Рисунок 2 – Структурная схема высокопроизводительной системы идентификации категории дорожного полотна на основе ассоциативной модели распознавания образов

Основными достоинствами предлагаемого метода являются:

- адаптивность к изменению числа признаков распознавания и количеству образцов-эталонов без изменения структуры системы;
- высокая производительность и уровень универсальности системы за счет автоматизации процесса обучения модели и возможности распознавания образов при произвольном законе распределения информативных признаков;
- приемлемая стоимость системы идентификации характеристик ДП (порядка 15 тысяч рублей), обусловленная использованием штатных датчиков, имеющих в АТС, в качестве средств сбора и регистрации данных о состоянии ДП. Дополнительные затраты сводятся лишь на подсистемы обучения ассоциативной модели распознавания образов и идентификации состояния ДП.

Ассоциативная модель распознавания образов реализована в виде аппаратно-программного устройства [5, 7] и пакета программ [8]. Представленный подход ориентирован на использование в системах выбора скоростных режимов АТС.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 52398-2005 «Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования». – М.: «Стандартинформ», 2006. – 6 с.
2. ОДН 218.0.006-2002 Правила диагностики и оценки состояния автомобильных дорог (взамен ВСН 6-90). Министерство транспорта Российской Федерации. Государственная служба дорожного хозяйства России (Росавтодор). – М., 2002. – 139 с.
3. Патент №2400594 Российская Федерация, МПК. Способ измерения и регистрации технико-эксплуатационных показателей поверхности покрытия дорожной одежды и функциональный комплекс для его осуществления / В.М. Приходько, Ю.Э. Васильев, В.М. Юмашев; заявитель и патентообладатель «МАДИ» (ГТУ); опубл. 27.09.2010. Бюл. №25. – 38 с.
4. Патент №2335805 Российская Федерация, МПК. Способ предотвращения столкновений автомобиля с препятствиями и система для его осуществления / С.Е. Бузников, Д.С. Елкин; опубл. 10.10.2008. Бюл. №28. – 33 с.
5. Патент №2306605 Российская Федерация, МПК. Устройство для распознавания образов / Т.З. Аралбаев, А.Г. Африн; заявл. 14.11.2006; опубл. 20.09.2007. Бюл. №26. – 13 с.

6. Сильянов В.В., Домке Э.Р. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: учебник для студ. высш. учеб. заведений. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2008. – 352 с. – ISBN 978-5-7410-0975-8.
7. Хасанов Р.И., Аралбаев Т.З. Оценка качества дорожного полотна на основе ассоциативной модели распознавания образов / ИТНОП-2010: материалы IV-й Международной научно-технической конференции. – В 5-ти т. – Т. 3. – Орел: ОрелГТУ, 2010. – С. 345-349. – ISBN 978-5-93932-272-0.
8. Хасанов Р.И. Адаптивная идентификация образов на основе принципа ассоциативности выборки данных и принятия решения по мажоритарному критерию [Электронный ресурс] / Т.З. Аралбаев, М.З. Масыгутов, Р.И. Хасанов. – Свидетельство об отраслевой регистрации разработки. Код программы по ЕСПД 02069024.00089-01, инв. номер ФАП 6563 (инв. номер ВНИЦ 50200601321). – М.: ОФАП, 2009. – 980 Кб.

**Хасанов Рафаэль Илдарович**

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Инженер кафедры вычислительной техники

Тел.: 8 922 850 73 41

E-mail: [hasanov0401@yandex.ru](mailto:hasanov0401@yandex.ru)**Аралбаев Тамбулат Захарович**

Оренбургский государственный университет, г. Оренбург

Доктор технических наук, старший научный сотрудник, зав. кафедрой «Вычислительная техника»

Тел.: (3532) 55-73-52

E-mail: [atz1953@gmail.com](mailto:atz1953@gmail.com)

R.I. HASANOV, T.Z. ARALBAEV

**THE QUALITY ASSESMENT OF ROADWAY ON THE BASES OF ASSOCIATIVE MODEL OF PATTERN RECOGNITION**

*It was presented mathematical model of problem of pattern recognition and high-performance system of identification of roadway evenness based on the principals of associative property and majority decision-making.*

**Keywords:** *pattern recognition; identification; roadway; principle of associative property; majority decision.*

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. GOST R 52398-2005 «Klassifikaciya avtomobil'ny'x dorog. Osnovny'e parametry' i trebovaniya». – М.: «Standartinform», 2006. – 6 с.
2. ODN 218.0.006-2002 Pravila diagnostiki i ocnki sostoyaniya avtomobil'ny'x dorog (vzamen VSN 6-90). Ministerstvo transporta Rossijskoj Federacii. Gosudarstvennaya sluzhba dorozhnogo hozyajstva Rossii (Rosavtodor). – М., 2002. – 139 с.
3. Patent №2400594 Rossijskaya Federaciya, MPK. Sposob izmereniya i registracii texniko-e'kspluatacionny'x pokazatelej poverxnosti pokry'tiya dorozhnoj odezhdy' i funkcional'ny'j kompleks dlya ego osushhestvleniya / V.M. Pridod'ko, Yu.E'. Vasil'ev, V.M. Yumashev; zayavitel' i patentoobladatel' «MADI» (GTU); opubl. 27.09.2010. Byul. №25. – 38 с.
4. Patent №2335805 Rossijskaya Federaciya, MPK. Sposob predotvrashheniya stolknovenij avtomobilya s prepyatstviyami i sistema dlya ego osushhestvleniya / S.E. Buznikov, D.S. Yolkin; opubl. 10.10.2008. Byul. №28. – 33 с.
5. Patent №2306605 Rossijskaya Federaciya, MPK. Ustrojstvo dlya raspoznavaniya obrazov / T.Z. Aralbaev, A.G. Afrin; zayavl. 14.11.2006; opubl. 20.09.2007. Byul. №26. – 13 с.
6. Sil'yanov V.V., Domke E'.R. Transportno-e'kspluatacionny'e kachestva avtomobil'ny'x dorog i gorodskix ulic: uchebnik dlya stud. vy'ssh. uchebn. zavedenij. – 2-e izd., ster. – М.: Izdatel'skij centr «Akademiya», 2008. – 352 с. – ISBN 978-5-7410-0975-8.
7. Xasanov R.I., Aralbaev T.Z. Ocenka kachestva dorozhnogo polotna na osnove associativnoj modeli raspoznavaniya obrazov / ITNOP-2010: materialy' IV-j Mezhdunarodnoj nauchno-texnicheskoj konferencii. – V5-ti t. – Т. 3. – Oryol: OryolGTU, 2010. – С. 345-349. – ISBN 978-5-93932-272-0.
8. Xasanov R.I. Adaptivnaya identifikaciya obrazov na osnove principa associativnosti vy'borki danny'x i prinyatiya resheniya po mazhoritarnomu kriteriyu [E'lektronny'j resurs] / T.Z. Aralbaev, M.Z. Masyagutov, R.I. Xasanov. – Svidetel'stvo ob otraslevoj registracii razrabotki. Kod programmy' po ESPD 02069024.00089-01, inv. nomer FAP 6563 (inv. nomer VNTIC 50200601321). – М.: OFAP, 2009. – 980 Кб.

УДК 004.422.837, 004.338, 004.087.5

С.А. ЛАЗАРЕВ, П.П. СИЛАЕВ

## ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ НОСИТЕЛЕЙ ИДЕНТИФИКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ В СЕТИ КОРПОРАТИВНЫХ ПОРТАЛОВ

*В данной статье рассматриваются вопросы авторизации пользователей с использованием портативных цифровых носителей идентификационной информации при построении системы управления информационным обменом в сети корпоративных порталов. Анализируются общие принципы и технология идентификации пользователей сети и владельцев электронных ресурсов на основе криптографических алгоритмов с помощью цифровых ключей доступа.*

*Ключевые слова:* цифровой ключ доступа; цифровой носитель информации; электронный документ; распределенная сеть; управление доступом; информационный обмен; корпоративный портал.

### АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Концепция построения сети корпоративных порталов [1] предполагает создание закрытых разделов публичных порталов, размещение в них данных, содержащих конфиденциальную информацию или являющихся объектами интеллектуального права, а также обеспечение авторизованного доступа к данным разделам. Что, в свою очередь, обуславливает решение двух задач: обеспечение публикации на порталах авторских документов для ограниченного пользования с защитой от модификации; идентификация пользователей сети и проверка их полномочий для доступа к закрытым информационным ресурсам порталов. Ключевой особенностью первой задачи является возможность идентифицировать владельцев документов различных форматов данных и произвольной размерности. В этой связи является актуальным исследование вопросов использования технологии цифровых ключей доступа в контексте управления доступом в сети корпоративных порталов. Применение же данной технологии определяет необходимость решения задачи безопасного хранения и авторизованного доступа к закрытой части криптографического ключа с помощью программируемого цифрового носителя идентификационной информации.

### ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЦИФРОВЫХ КЛЮЧЕЙ ДОСТУПА

По мере внедрения средств создания хранения и обработки электронных документов проблема их достоверности обрела крайнюю актуальность, поскольку копирование или модификация любой последовательности битов не представляет никакой трудности. Существующие телекоммуникационные каналы также уязвимы для перехвата и искажения пересылаемых документов.

Решение практически всех проблем подтверждения прав легальных пользователей от действий злоумышленников может быть реализовано с помощью цифровых ключей доступа, базирующихся на алгоритме RSA [2]. Данный подход в своей основе схож с технологией электронной цифровой подписи.

Пусть **А** передает сообщение DATA адресату **Б**. Цифровой ключ доступа отправителя **А** базируется на его секретном ключе и открытом ключе, которым обладает получатель **Б**. Сначала отправитель с помощью хэш-функции генерирует хеш-сумму своего сообщения для приведения текста сообщения к фиксированной длине. Затем с помощью своего секретного ключа он формирует цифровой ключ доступа. При этом **А** не может отказаться от того, что именно он послал сообщение, так как только он знает свой секретный ключ. Цифровой ключ доступа (ЦКД) нельзя использовать повторно и подписанный документ нельзя модифицировать, так как любые модификации неизбежно изменят его хеш-сумму, следовательно, и идентификационный ключ. Получатель с помощью открытого

ключа дешифрует код цифрового ключа доступа, а затем с использованием хеш-суммы проверяет ее корректность. Общая схема механизма взаимодействия на основе цифрового ключа доступа представлена на рисунке 1.

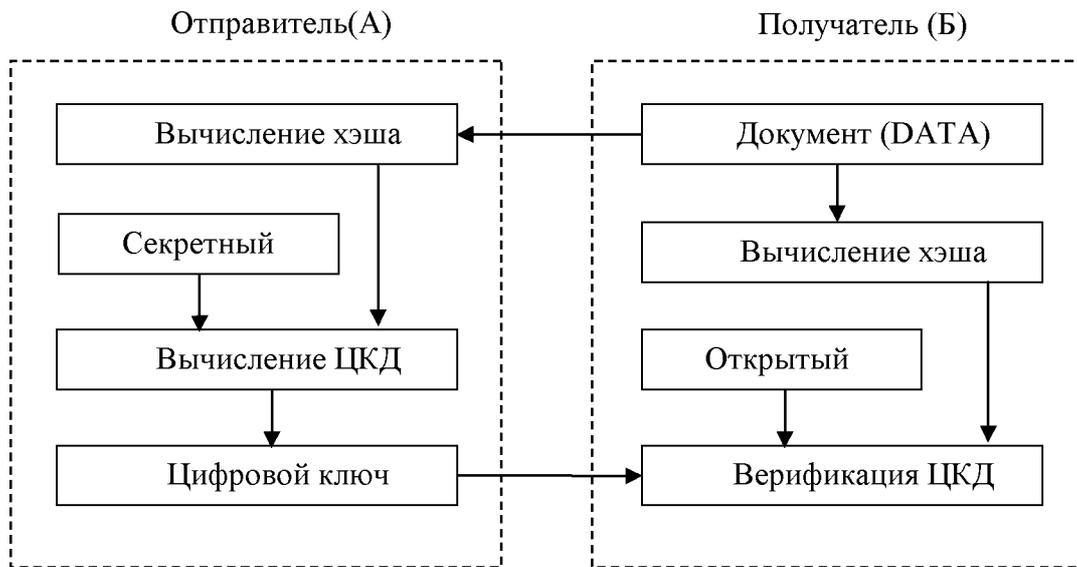


Рисунок 1 – Общая схема создания и верификации цифрового ключа доступа

Все существующие криптографические алгоритмы вычисления цифрового ключа доступа построены по единому принципу. Разница заключается лишь в математической реализации отдельно взятого алгоритма. Это связано с тем, что каждый новый алгоритм получает улучшения по двум основным направлениям: повышение криптостойкости и снижение временных затрат и вычислительных ресурсов, при этом схема генерации и верификации цифрового ключа доступа остаётся неизменной [3, 4, 5].

Все математические операции при работе с цифровым ключом доступа можно разделить на две части: вычисление хеш-суммы идентифицируемого документа и вычисление и проверка ключа доступа. Общее описание для любого алгоритма вычисления и проверки цифрового ключа доступа совпадают [3].

Следует отметить, что не доказано существование необратимых хеш-функций, для которых вычисление какого-либо прообраза заданного значения хеш-функции теоретически невозможно. Обычно нахождение обратного значения является лишь вычислительно сложной задачей.

Для криптографических хеш-функций также важно, чтобы при малейшем изменении аргумента значение функции сильно изменялось (лавинный эффект). В частности, значение хеша не должно давать утечки информации даже об отдельных битах аргумента [3].

Существует важное ограничение, накладываемое на параметры  $Q$  алгоритма вычисления цифрового ключа доступа. В силу того, что в алгоритмах используется операция «остаток от деления», не имеющая обратной, тем самым обозначая логику защиты алгоритма, параметры  $Q$  должны быть простыми числами. Кроме того, данные параметры должны быть «длинными» числами, причём, чем «длиннее» число, тем выше криптостойкость алгоритма.

### **ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА В СЕТИ ПОРТАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЦИФРОВЫХ НОСИТЕЛЕЙ ИДЕНТИФИКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Процесс подготовки и использования цифрового ключа доступа включает в себя 3 этапа:

1. Генерация открытого и закрытого ключей;
2. Создание цифрового ключа доступа к сформированному ресурсу;
3. Верификация (проверка подлинности) самого документа и цифрового ключа доступа.

Процесс генерации сопровождается заключением договора между удостоверяющим центром и владельцем электронного ключа. Данный договор называется сертификатом и устанавливает соответствие между открытым ключом и данными человека, однозначно характеризующими его, и обладающего соответствующим ему (открытому ключу) закрытым ключом. Поток информации обмена на данном этапе отражены на рисунке 2.



Рисунок 2 – Схема генерации индивидуального ключа

Закрытый ключ является собственностью пользователя системы, его личным правом на идентификацию принадлежащих ему электронных ресурсов, имеющую юридическую силу, и не должен быть доступен другим людям ни при каких обстоятельствах. Поэтому цифровой носитель идентификационной информации и алгоритм, осуществляющий генерацию цифрового ключа доступа, должен обеспечивать абсолютную секретность закрытого ключа и основные средства безопасности, а именно:

- полное сокрытие ключа от визуального доступа на экране монитора при его использовании;
- защита от несанкционированного доступа третьих лиц вследствие утраты цифрового носителя ключа;
- защита от вредоносных или шпионских программ, действующих неумышленно или целенаправленно на компьютере, с которым работает пользователь в данный момент, для получения права подписи от имени законного владельца закрытого ключа.

Для обеспечения поставленных требований необходимо разработать специальное аппаратное устройство, которое возьмет на себя часть функций по организации процессов обмена цифровыми ключами доступа и обеспечит защиту закрытого ключа на необходимом уровне, которую невозможно достичь средствами наиболее распространённых операционных систем. Кроме того, отдельное устройство должно быть независимо от персонального компьютера пользователя и иметь свою собственную память, к которой невозможно получить физический доступ [6].

Исходя из вышеперечисленного, сформулированы ключевые технические и функциональные требования к цифровым носителям идентификационной информации (далее – устройство):

1. Устройство в собранном состоянии должно быть компактным, легко переносимым и доступным с точки зрения себестоимости;
2. Устройство должно соединяться с ПК посредством стандартных и наиболее распространённых коммуникационных интерфейсов, используя стандартные протоколы передачи данных. Нежелательно использовать интерфейсы, требующие дополнительного

оборудования для считывания данных с носителя ключа и не входящие в комплект стандартных коммуникационных интерфейсов ПК, так как это снижает эффективность использования данной технологии. Наиболее целесообразным является использование широко распространенного универсального последовательного интерфейса USB;

3. При подключении и активации устройства в системе оно не должно требовать от пользователя установки специального программного обеспечения. Все программные компоненты, обеспечивающие работу с носителями информации, должны находиться внутри самого носителя и на сервере доступа сети порталов;

4. Устройство должно иметь вычислительный механизм, обладающий возможностью за относительно короткое время сгенерировать цифровой ключ доступа на основе закрытого ключа, «спрятанного» в коде программы данного устройства;

5. Устройство – носитель закрытого ключа – должно предоставлять безопасный (авторизуемый) доступ и единственный интерфейс для установления связи в строго определенном формате входных и выходных данных. Это должно обеспечить защиту от несанкционированного доступа к закрытому ключу и считыванию данных из памяти носителя параметров цифрового ключа доступа.

### ТЕХНОЛОГИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ НОСИТЕЛЕЙ ИДЕНТИФИКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ В СЕТИ КОРПОРАТИВНЫХ ПОРТАЛОВ

Технология работы с носителем идентификационной информации, с точки зрения пользователя, относительно проста, однако процесс вычисления цифрового ключа доступа довольно сложный и выполняется в несколько этапов, каждый из которых сопровождается информационным обменом различного рода.

Первоначально он включает в себя идентификацию пользователя в системе и получение от сервера документа, который необходим пользователю идентификации владельца. Принципиальная схема данного взаимодействия представлена на рисунке 3.

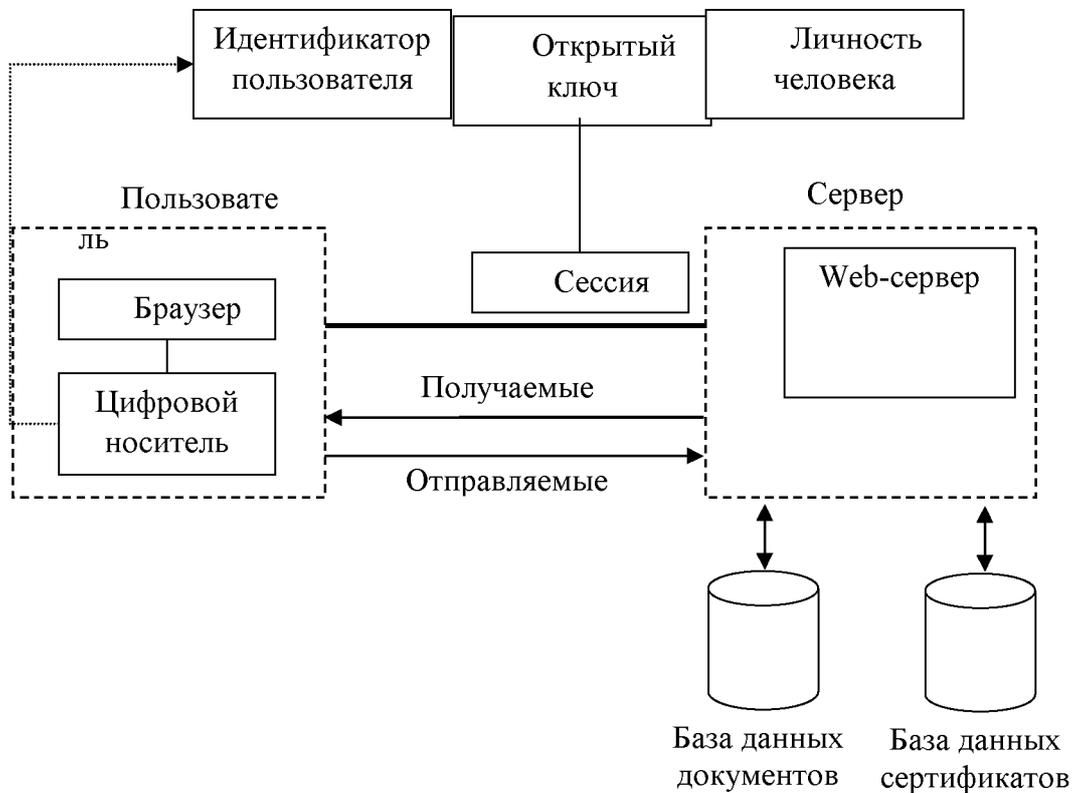


Рисунок 3 – Схема взаимодействия пользователя с сервером доступа сети порталов

Пользователь через web-браузер соединяется с сервером доступа и проходит

аутентификацию. В случае успешной проверки подлинности пользователя устанавливается сессия. Возникает соответствие между идентификатором пользователя в сети, личностью человека и его открытым ключом при соответствующем обращении к базе данных. Данное соответствие может быть установлено на любом этапе вычисления и проверки цифрового ключа доступа.

Выбрав нужный документ, пользователь загружает его себе на ПК в виде посылки (получаемые данные) следующего содержания:

- файл, содержащий документ, выбранный пользователем;
- идентификатор этого документа из базы данных документов;
- параметры Q алгоритма вычисления цифрового ключа доступа;
- подпрограмма J, выступающая в роли согласующего звена между программным обеспечением пользователя персонального компьютера и цифровым носителем закрытого ключа.

На вход устройства подаётся файл в битовом виде, представляющий собой текст или код документа, который готов к кодированию. На выходе получается цифровой ключ доступа, который имеет право быть открытым и находится в свободном доступе.

После проведения процедуры кодирования на сервер отправляются ответные данные, включающие в себя идентификатор документа, полученный ранее, и цифровой ключ доступа.

Полученный на сервере цифровой ключ закрепляется за документом, определяемым в базе данных с помощью идентификатора документа. По данному документу выбирается информация, необходимая для алгоритма проверки подлинности цифрового ключа доступа (эта информация должна целиком существовать на сервере на текущий момент), и осуществляется процедура верификации, в результате которой на выходе получается положительный ответ, фиксируемый в базе данных и относящийся к проверяемому документу. В случае отрицательного ответа цифровой ключ доступа аннулируется и от пользователя требуется проведение процедуры кодирования повторно.

В процессе работы с цифровым ключом доступа наиболее важным и одновременно уязвимым является взаимодействие программного модуля с цифровым носителем идентификационной информации. Для данного взаимодействия необходимо обеспечить безопасность закрытого криптографического ключа и высокую эффективность работы с электронными документами большого размера.

На рисунке 4 представлена принципиальная схема данного процесса.

После того, как пользователь выбрал документ, необходимый ему для подписи, на ПК подписчика передаётся текст документа определённого формата, идентификатор его в системе и подпрограмма J. Ознакомившись с документом через браузер, пользователю необходимо соединить носитель закрытого ключа с ПК, тем самым переводя систему в

режим готовности к кодированию полученного документа. После чего выполняется следующий ряд действий:

- подпрограмма устанавливает виртуальное соединение с носителем закрытого ключа и получает ответ от согласующей программы, установленной на данном носителе, об успешном подключении;

- подпрограмма запрашивает у пользователя код подтверждения (PIN-код), тем самым дополнительно идентифицируя пользователя как владельца данного носителя закрытого ключа (НЗК). Данный код передаётся в НЗК, который должен ответить положительным результатом. Система должна быть оснащена защитой от взлома кода подбором;

- на ПК пользователя с помощью подпрограммы вычисляется хэш-код документа в соответствии с используемым алгоритмом формирования цифрового ключа доступа и передается в НЗК;

- носитель закрытого ключа, получив на вход хэш-код документа, вычисляет цифровой ключ доступа в соответствии с алгоритмом, подгружая из памяти параметры алгоритма и закрытый ключ. По окончании вычислений возвращает ответ на ПК, являющийся цифровым ключом доступа;

– подпрограмма, в свою очередь, возвращает на сервер по открытому каналу полученный цифровой ключ доступа, а также идентификатор документа в системе, пришедший в начале процедуры подписания.

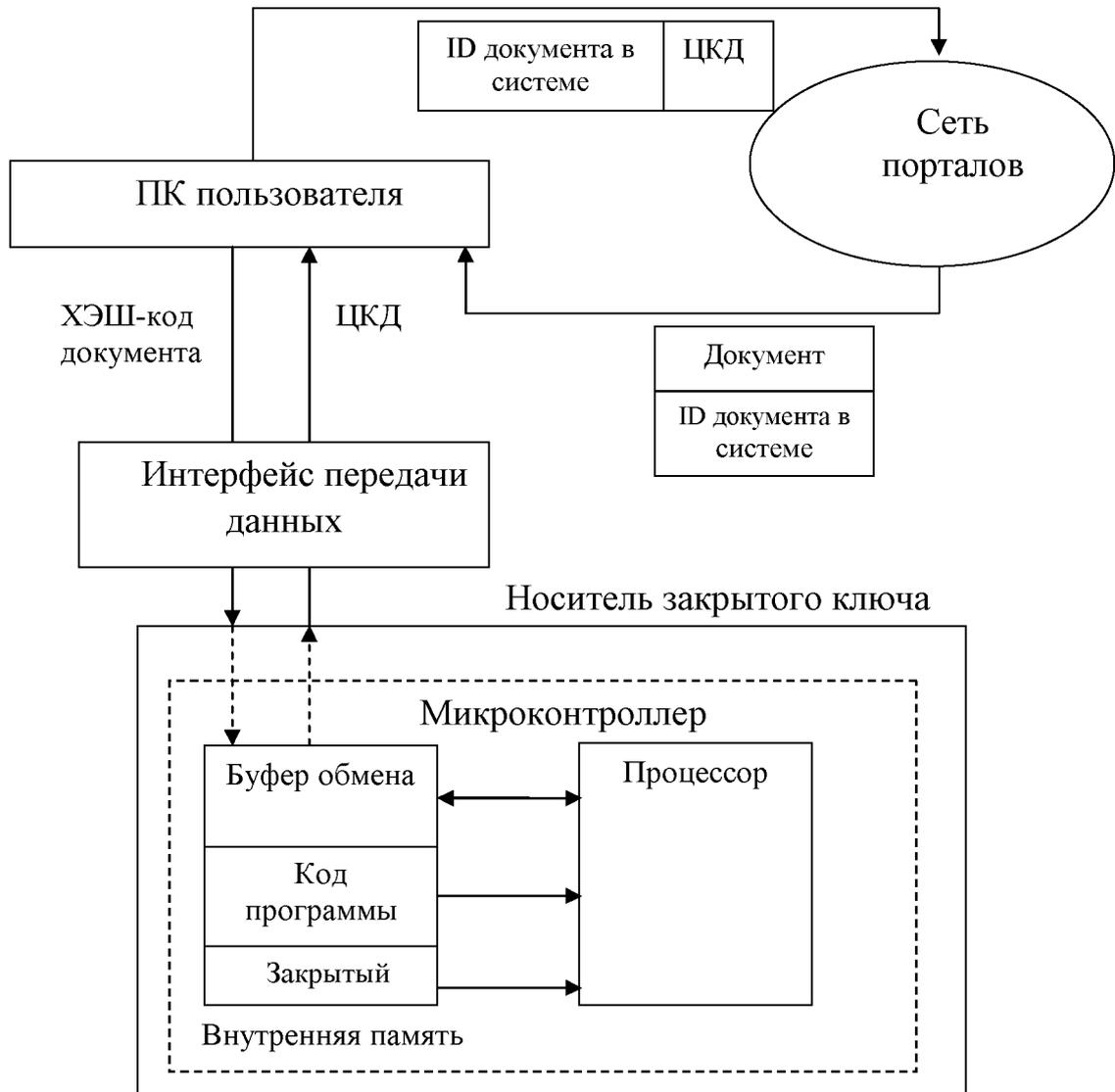


Рисунок 4 – Схема информационного обмена с цифровым носителем идентификационной информации в процессе кодирования документа

В заключении необходимо отметить, что предложенная технология использования цифровых носителей идентификационной информации в сети корпоративных порталов обеспечивает безопасное хранение закрытого криптографического ключа цифрового ключа доступа и достоверную идентификацию пользователей сети, одновременно с этим позволяет с высокой скоростью кодировать электронные документы большой размерности и публиковать их в открытом доступе.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазарев С.А., Демидов А.В. Концепция построения системы управления информационным обменом сети корпоративных порталов / Информационные системы и технологии. – Орел: ОрелГТУ, 2010. – № 4 (60) июль-август. – С. 123-129.
2. Электронная подпись [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф., зв. дан. и прикладная прогр. (134 Кб). –URL: [http://book.itep.ru/6/sign\\_643.htm](http://book.itep.ru/6/sign_643.htm) – Систем. требования: ПК 486 или выше; 8 Мб ОЗУ; Windows 3.1 или Windows 95; SVGA 32768 и более цв.; 640x480; 16-бит. зв. карта; мышь. – Загл. с экрана.

3. Баричев С.Г. Основы современной криптографии / С.Г. Баричев, В.В Гончаров, Р.Е. Серов. – М.: Горячая линия Телеком, 2001. – 313 с.
4. Известные алгоритмы ЭЦП [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые, граф., зв. дан. и прикладная прогр. (29 Кб). – URL: <http://daily.sec.ru/dailypopupimg.cfm?uid=59227> – Систем. требования: ПК 486 или выше; 8 Мб ОЗУ; Windows 3.1 или Windows 95; SVGA 32768 и более цв.; 640x480; 16-бит. зв. карта; мышь. – Загл. с экрана.
5. ГОСТ Р 34.10-94 Информационная технология. Криптографическая защита информации. Процедуры выработки и проверки электронной цифровой подписи на базе асимметричного криптографического алгоритма. Введен 1995-01-01.
6. Евстифиев А.В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы Atmel, 2-е изд., стер. – М.: Издательский дом «Додека-XXI», 2005. – 560 с., ISBN 5-94120-099-4.

**Лазарев Сергей Александрович**

ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел  
Кандидат экономических наук, начальник технического отдела  
Тел.: (4862) 59-46-19  
E-mail: [lsa@ostu.ru](mailto:lsa@ostu.ru)

**Силаев Павел Петрович**

ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел  
Магистрант кафедры «Информационные системы»  
Тел.: (4862) 41-98-88  
E-mail: [kaktyzzz\\_89@mail.ru](mailto:kaktyzzz_89@mail.ru)

---

S.A. LAZAREV, P.P. SILAEV

**APPLICATION OF DIGITAL MEDIA IDENTIFICATION INFORMATION  
FOR ACCESS CONTROL IN NETWORK ENTERPRISE PORTALS**

*This article addresses user authentication using a portable digital identification data in designing the control systems of information exchange in a network of enterprise portals. Analyzes the general principles and technology of users and owners of electronic resources identification based on cryptographic algorithms using the digital access keys.*

**Keywords:** digital access key; digital media; electronic document; distributed network; access control; information exchange; enterprise portal.

**BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)**

1. Lazarev S.A., Demidov A.V. Koncepciya postroeniya sistemy' upravleniya informacionny'm obmenom seti korporativny'x portalov / Informacionny'e sistemy' i texnologii. – Oryol: OryolGTU, 2010. – № 4(60) iyul'-avgust. – S. 123-129.
2. E'lektronnaya podpis' [E'lektronny'j resurs]. – E'lektron. tekstovy'e, graf., zv. dan. i prikladnaya progr. (134 Kb). – URL: [http://book.itep.ru/6/sign\\_643.htm](http://book.itep.ru/6/sign_643.htm) – Sistem. trebovaniya: PK 486 ili vy'she; 8 Mb OZU; Windows 3.1 ili Windows 95; SVGA 32768 i bolee cv.; 640x480; 16-bit. zv. karta; my'sh'. – Zagl. s e'krana.
3. Barichev S.G. Osnovy' sovremennoj kriptografii / S.G. Barichev, V.V Goncharov, R.E. Serov. – M.: Goryachaya liniya Telekom, 2001. – 313 s.
4. Izvestny'e algoritmy' E'CP [E'lektronny'j resurs]. – E'lektron. tekstovy'e, graf., zv. dan. i prikladnaya progr. (29 Kb). – URL: <http://daily.sec.ru/dailypopupimg.cfm?uid=59227> – Sistem. trebovaniya: PK 486 ili vy'she; 8 Mb OZU; Windows 3.1 ili Windows 95; SVGA 32768 i bolee cv.; 640x480; 16-bit. zv. karta; my'sh'. – Zagl. s e'krana.
5. GOST P 34.10-94 Informacionnaya texnologiya. Kriptograficheskaya zashhita informacii. Procedury vy'rabotki i proverki e'lektronnoj cifrovoj podpisi na baze assimetrichnogo kriptograficheskogo algoritma. Vvedyon 1995-01-01.
6. Evstifiev A.V. Mikrokontrollory' AVR semejstv Tiny i Mega firmy' Atmel, 2-e izd., ster. – M.: Izdatel'skij dom «Dodeka-XXI», 2005. – 560 s., ISBN 5-94120-099-4.

В.Т. ЕРЕМЕНКО, А.В. ТЮТЯКИН, Е.А. СЕМАШКО

**ВЫБОР ОПЕРАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ОБРАБОТКИ, АРХИВИРОВАНИЯ  
И ЗАЩИТЫ ИЗОБРАЖЕНИЙ  
В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ**

*Данная статья посвящена решению задачи выбора операционных моделей (последовательностей процедур) процесса обработки, архивирования и защиты графической информации, наиболее приемлемых для применения в распределенных системах технической диагностики.*

*Ключевые слова:* диагностика; операционная модель; обработка изображений; архивирование изображений; защита изображений; функционально-параметрический профиль.

**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время все более широкое распространение находят территориально распределенные или распределенные во времени компьютеризированные системы технической диагностики.

К первому из названных типов относятся системы, характеризующиеся территориальным распределением подсистемы сбора и подсистемы анализа диагностической информации, обмен данными между которыми осуществляется через сеть связи (как специально выделенную, так и общего пользования, например, коммутируемую телефонную сеть общего пользования или сеть мобильной телефонной связи). Типовым примером территориально распределенной системы диагностики является система технической диагностики, отличающаяся тем, что сбор данных с помощью соответствующей диагностической аппаратуры осуществляется в некотором периферийном подразделении, а их анализ – специалистом центрального подразделения.

Системы второго типа отличаются тем, что процедуры сбора диагностической информации и ее анализа разнесены во времени. При этом после получения диагностических данных они помещаются в электронный архив, из которого в дальнейшем извлекаются для анализа и принятия решений (часто другим специалистом).

Основной разновидностью диагностической информации являются монохромные полутонные изображения, получаемые методами рентгенографии, ультразвуковой локации, магнитно-резонансного сканирования (МРС) и т.п. [1, 2]. Основными процедурами, которым подвергаются указанные изображения в распределенных диагностических системах, являются обработка с целью подавления неинформативных и подчеркивания информативных составляющих, архивирование/декомпрессия, а также защита от несанкционированного просмотра и/или изменения.

При реализации распределенных систем диагностики важной задачей является выбор наиболее приемлемых для применения в них операционных моделей процесса выполнения вышеперечисленных процедур. Под операционной моделью будем понимать обобщенное схематическое описание последовательности процедур, часть из которых (или отдельные операции в рамках которых) реализуются в аппаратной форме, а часть – в программной. Вследствие этого данную последовательность не вполне корректно описывать ни только алгоритмом, ни только структурной схемой. Именно к таким последовательностям относится и процесс обработки, архивирования/декомпрессии, шифрования/дешифрования и передачи/приема графической информации в распределенных системах диагностики.

Операционная модель указанного процесса определяется следующими основными факторами: степенью автоматизации процедур обработки, архивирования / декомпрессии и шифрования/дешифрования диагностических изображений; последовательностью выполнения перечисленных процедур; в какой из подсистем (сбора или анализа данных) реализуется та или иная из этих процедур.

## СТЕПЕНЬ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕДУР ОБРАБОТКИ, АРХИВИРОВАНИЯ И ЗАЩИТЫ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Основными этапами каждой из данных процедур являются: выбор функционально-параметрического профиля (ФПП) соответствующей процедуры, т.е. способов ее реализации, а также параметров и характеристик средств, реализующих данные способы; собственно реализация процедуры с выбранным ФПП.

Как показано в [3,5] и [4,6], рациональным является автоматизированный выбор их ФПП в процессе эксплуатации системы диагностики на основании: параметров конкретного изображения; требований пользователя (т.е. специалиста по анализу диагностических изображений) к их качеству и (опционально) максимальному объему при сжатии, времени сжатия и степени защиты.

Таблица 1 – Обоснование предпочтительной степени автоматизации выбора ФПП

Процедура	Этап (способ реализации)	Влияние ФПП средств реализации процедуры на степень пригодности изображения для анализа	Необходимость оценки пользователем степени пригодности изображения для анализа по результатам выполнения процедуры	Предпочтительная степень автоматизации выбора ФПП
Обработка	Фильтрация неинформативных составляющих	Есть	Есть	Автоматический выбор нескольких возможных вариантов ФПП с последующей оценкой их применимости пользователем по результатам обработки
	Повышение резкости границ и контрастности	Есть	Есть	
	Преобразование гистограммы	Есть	Есть	
Архивирование	Компактное кодирование	Отсутствует при применении алгоритмов сжатия без потерь информации	Отсутствует при применении алгоритмов сжатия без потерь информации	Полностью автоматический выбор ФПП
	Декомпрессия			
Защита	Защита паролем при архивировании*			
*Возможны и другие методы защиты, например, электронно-цифровая подпись, водяные знаки и другие, однако они требуют лицензирования и поэтому весьма ограниченно применимы в системах технической диагностики.				

Однако полностью автоматический выбор ФПП может быть не рационален, поскольку собственно анализ изображений в системах технической диагностики с целью принятия диагностических решений осуществляется специалистом в соответствующей предметной области. Поэтому только указанный специалист может принимать окончательное решение о пригодности или непригодности изображения, полученного в результате применения выбранного ФПП, для дальнейшего анализа. Следовательно, с практической точки зрения рациональным является выбор ФПП средств обработки, архивирования и защиты диагностических изображений в режиме интерактивного взаимодействия с пользователем, в соответствии со следующей обобщенной последовательностью процедур:

– на основании задаваемых пользователем исходных данных для выбора ФПП и определяемых автоматически параметров и характеристик изображения осуществляется

автоматический выбор нескольких вариантов ФПП вышеуказанных средств, наиболее соответствующих исходным данным для выбора ФПП;

– после выбора указанных вариантов ФПП осуществляется обработка, кодирование и шифрование подлежащего анализу изображения и его последующее декодирование и дешифрование с использованием каждого из выбранных вариантов ФПП;

– изображения, полученные из исходного в результате обработки, кодирования/декодирования и шифрования/дешифрования с использованием каждого из выбранных вариантов ФПП, в интерактивном режиме предоставляются пользователю;

– пользователь в интерактивном режиме выбирает тот из них, который с профессиональной точки зрения является наиболее пригодным для дальнейшего анализа и принятия диагностических решений.

Однако очевидно, что ФПП не всех этапов обработки, архивирования и защиты диагностических изображений влияют на степень пригодности изображения для принятия диагностических решений. Например, архивирование (сжатие) изображений без потерь не влияет на их качество и, следовательно, выбор ФПП сжатия без потерь может осуществляться полностью автоматически только по критерию оптимального сочетания коэффициента и времени сжатия [3].

В таблице 1 представлено обоснование предпочтительной степени автоматизации выбора ФПП каждого из основных этапов обработки, архивирования и сжатия диагностических изображений.

### **ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЦЕДУР И ПОДСИСТЕМЫ, В КОТОРЫХ ОНИ РЕАЛИЗУЮТСЯ**

На основании таблицы 1 могут быть предложены два применимых в диагностических системах варианта последовательности выполнения процедур обработки, архивирования и защиты диагностических изображений и их распределения между подсистемами сбора и анализа информации. Данные варианты описываются операционными моделями, представленными на рисунках 1а и 1б соответственно.

На основании сопоставления операционных моделей, представленных на рисунке 1, могут быть сделаны следующие выводы.

Обработка диагностического изображения может осуществляться как в подсистеме сбора данных, так и в подсистеме их анализа. Однако, как указано ранее (табл. 1.1), предпочтительно, чтобы окончательный выбор ФПП средств обработки диагностического изображения осуществлял пользователь системы диагностики на основании предлагаемых ему нескольких вариантов, выбранных автоматически. В принципе, указанный выбор может осуществляться как специалистом, осуществляющим сбор данных (при условии его достаточной квалификации), так и специалистом, анализирующим эти данные и принимающим диагностические решения. Однако даже при достаточно высокой квалификации первого из указанных специалистов, окончательное решение о пригодности изображения для анализа и о выборе ФПП обработки все же остается за лицом, осуществляющим анализ диагностического изображения. Следовательно, вариант операционной модели, описываемый рисунком 1а, с точки зрения реализации операций обработки менее предпочтителен для применения, чем описываемый рисунком 1б.

Архивирование (сжатие) диагностического изображения, очевидно, должно осуществляться только в подсистеме сбора данных, а выбор ФПП сжатия (при условии, что оно осуществляется без потерь информации, что имеет место в системах диагностики) целесообразно осуществлять полностью автоматически без участия пользователя (табл. 1). Поэтому отобранные для дальнейшего анализа варианты операционной модели, описываемые рисунками 1а и 1б, являются равноценными с точки зрения реализации операций сжатия и, соответственно, распаковки.

Процедура защиты диагностического изображения, как и сжатия, очевидно, должна осуществляться на передающей стороне.

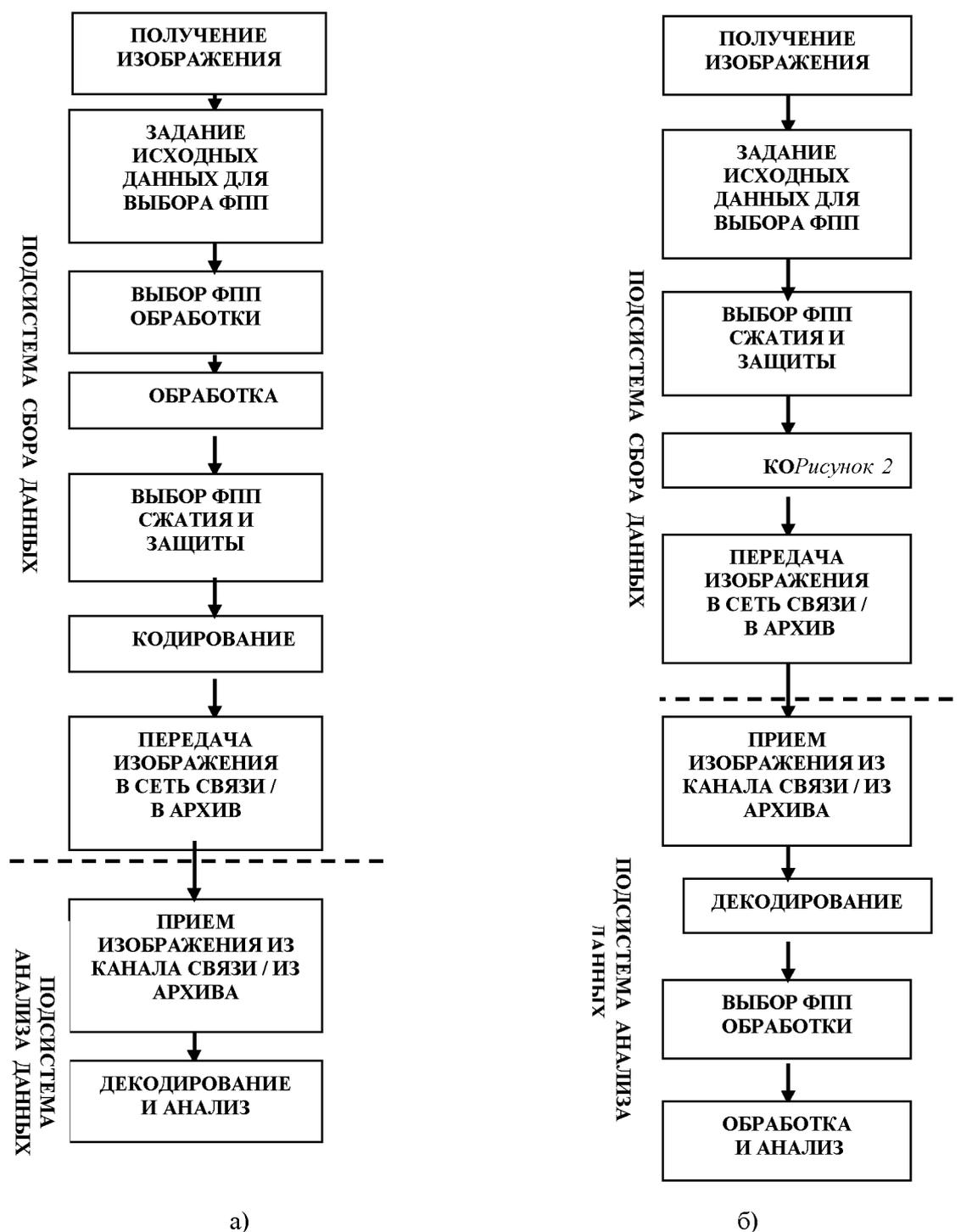


Рисунок 1 – Варианты операционных моделей процесса обработки, архивирования и защиты диагностических изображений

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом, для применения в системах технической диагностики наиболее предпочтительна операционная модель процесса обработки, архивирования и защиты диагностических изображений, описываемая рисунком 1б и характеризующаяся: сжатием изображения без потерь с защитой паролем на передающей стороне, с полностью автоматизированным выбором ФПП; обработкой изображения на приемной стороне после декодирования, с выбором ФПП обработки специалистом, принимающим диагностические решения, причем выбор осуществляется из нескольких вариантов, выбранных автоматически; независимым выбором ФПП сжатия/защиты и выбора ФПП обработки в подсистеме сбора данных и в подсистеме их анализа соответственно.

Работа выполнена в рамках Госконтракта №16.740.11.0041 (Заказчик – Министерство образования и науки РФ), выполняемого по Федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник / под ред. В.В. Клюева. – М.: Машиностроение, 2005.
2. Способы и приемы повышения эффективности сжатия без потерь полутонных изображений / В.Т. Еременко, А.В. Тютякин, Е.А. Семашко // «Вопросы радиоэлектроники», общетехническая серия. – Вып. 1. – Москва, июль 2010. – С. 152-159.
3. Прэтт Э. Цифровая обработка изображений. – М.: Мир, 1982. – 312 с.
4. Еременко В.Т., Линьков В.В. Методика выбора метода и параметров сжатия цифровых изображений в модульных структурах сбора и обработки данных АСУП / Известия ОрелГТУ, 2007. – №4/268(535). – С. 205-210.
5. Еременко В.Т., Тютякин А.В., Кондрашин А.А. / Информационные системы и технологии, 2011. – №2(64). – С. 19-26.

**Еременко Владимир Тарасович**

ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: (4862) 45-57-57

E-mail: [wladimir@orel.ru](mailto:wladimir@orel.ru)

**Тютякин Александр Васильевич**

ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Электроника, вычислительная техника и информационная безопасность»

Тел.: (4862) 45-57-57

E-mail: [avt@rbcmail.ru](mailto:avt@rbcmail.ru)

**Семашко Евгений Александрович**

ФГОУ ВПО «Госуниверситет – УНПК», г. Орел

Аспирант кафедры ЭВТиБ

Тел.: 8 920 287 10 68

E-mail: [semashko@metasystems.ru](mailto:semashko@metasystems.ru)

---

V. T. EREMENKO, A. V. TYUTYAKIN, E. A. SEMASHKO

#### ON SELECTION OF OPERATIONAL MODELS OF IMAGE PROCESSING, COMPRESSION AND PROTECTION IN DISTRIBUTED SYSTEMS OF DIAGNOSTICS

*This article is devoted to solving the problem of the choice of operating models (sequences of procedures) the processing, archiving and protection of graphical information, the most suitable for use in distributed systems of technical diagnostics.*

**Keywords:** *diagnostics; operational model; images processing; images compression; images protection; functional and parametrical profile.*

#### BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Nerazrushayushij kontrol' i diagnostika: spravochnik / pod red. V.V. Klyueva. – M.: Mashinostroenie, 2005.
2. Sposoby' i priomy' povy'sheniya e'ffektivnosti szhatiya bez poter' polutonovy'x izobrazhenij / V.T. Eryomenko, A.V. Tyutyakin, E.A. Semashko // «Voprosy' radioe'lektroniki», obshhetexnicheskaya seriya. – Vy'p. 1. – Moskva, iyul' 2010. – S. 152-159.
3. Pre'tt E'. Cifrovaya obrabotka izobrazhenij. – M.: Mir, 1982. – 312 s.
4. Eryomenko V.T., Lin'kov V.V. Metodika vy'bora metoda i parametrov szhatiya cifrovyy'x izobrazhenij v modul'ny'x strukturax sbora i obrabotki dannyy'x ASUP/ Izvestiya OryolGTU, 2007. – №4/268(535). – S. 205-210.
5. Eryomenko V.T., Tyutyakin A.V., Kondrashin A.A. / Informacionny'e sistemy' i texnologii, 2011. – №2(64). – S. 19-26.

В.В. КОМАШИНСКИЙ, Т.А. НГУЕН

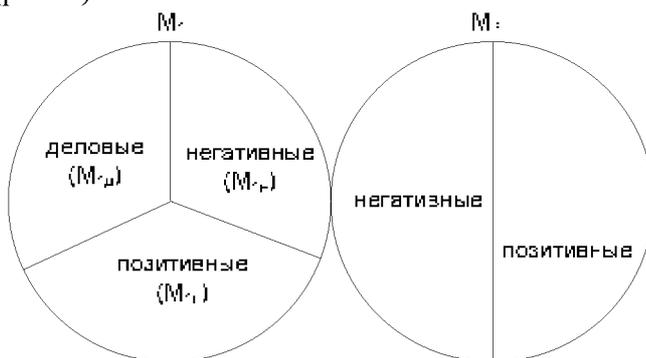
**АЛГОРИТМ ОБУЧЕНИЯ СИСТЕМЫ ФИЛЬТРАЦИИ ВХОДНОГО WEB-ПОТОКА ПО СТАТИСТИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ ЕГО ГРАФИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ**

*В статье предложен алгоритм обучения системы фильтрации входного web-потока, блокирующей по статистическим характеристикам графической составляющей поступление данных от неделовых сайтов публичных web-серверов.*

**Ключевые слова:** *фильтрация; классификация; обнаружение; контроль статистических характеристик входного потока web-данных.*

Доступ деловых сотрудников организаций в Internet осуществляется через web-интерфейс браузера и может быть сопряжен с непреднамеренным посещением нежелательных сайтов публичных web-серверов и приема от них опасных данных. Результаты предварительных экспериментов позволили сделать вывод о том, что нежелательные сайты могут содержать вредоносные, противоправные и отвлекающие от служебных задач данные. При этом, наиболее вероятным является факт отнесения сайтов избыточных мультимедийными данными к категории нежелательных. По большому объему мультимедийного контента сайта можно достоверно классифицировать отношение сайта к классу нежелательных.

Для проведения классификации допускаем, что всю совокупность web-сайтов можно разделить на две категории: сайты с малым объемом и сайты с большим объемом графического контента (рис. 1).



**Рисунок 1 – Классификация web-сайтов для задачи обнаружения противоправного контента**

Как видно из рисунка 1, первая категория web-сайтов в Internet описывается множеством M1, а вторая множеством M2. Явно нежелательные сайты характеризуются избыточным объемом мультимедийного контента, что позволит быстро и достоверно обнаружить негативные сайты. Следовательно, задача первичной фильтрации заключается в обнаружении потоков входных web-данных, поступающих от публичного сервера, содержащих объем мультимедийной информации свыше установленного порога.

При фильтрации входных web-потоков R

$$R = (r_1, r_2, r_3, \dots, r_n, \dots) \tag{1}$$

анализируется последовательность http-ответов и без раскрытия содержимого файлов и принимается решение в соответствии с условием:

$$\mu_{\Pi} > \mu_{\Pi}^{\text{пор}}, \tag{2}$$

где  $\mu_{\Pi} = \Pi_r / \Pi$  есть классификационный признак;  $\Pi$  и  $\Pi_r$  – некоторый параметр всего web-потока R и только графической составляющей этого потока, соответственно. Например,  $\Pi$  – общее количество всех http-ответов в web-потоке R,  $\Pi_r$  – количество только графических

http-ответов в этом потоке.

Следовательно, задача сводится к определению статистических параметров входного web-потока, вычислению требуемого  $\mu_{\Pi}^{\text{нор}}$ , и принятию решения о справедливости одной из двух гипотез:  $H_0$  – входной web-поток соответствует  $M_1$ , или  $H_1$  – входной web-поток соответствует  $M_2$ . При этом, значение  $\mu_{\Pi}$  необходимо определять не для всего потока  $R$ , а для его участков конечной длины  $W$ . Значение  $W$  является *размером окна анализа*, т.е. в каждый момент времени будут анализироваться актуальные (последние) http-ответы помещаемые в интервал окна. Шаг скольжения окна  $S$ ,  $1 \leq S \leq W$ , определяет длительность интервалов вычисления  $\mu_{\Pi}$  и проверки (2) равную интервалу времени поступления  $S$  http-ответов. Очевидно, чем больше  $S$ , тем меньше требуемая вычислительная мощность системы фильтрации. Однако  $S$  необходимо выбирать сравнимым с минимальным количеством объектов одной web-страницы, чтобы время загрузки  $t_3$  содержимого сайта в браузер и терминал компьютерной системы пользователя не превысило порога  $t_3 < t_3^{\text{нор}}$ .

В настоящее время подавляющее большинство изображений на web-сайтах сети Internet представлены файлами трех наиболее распространенных форматов: JPEG, GIF и PNG. Предполагаем, что в качестве классификационного признака  $\mu_{\Pi}$  целесообразно использовать одну из следующих характеристик, лучшую по эффективности обнаружения:

- $\mu_V^r$  – доля по объему графических данных (всех форматов);
- $\mu_V^{\text{jpeg}}$ ,  $\mu_V^{\text{gif}}$ ,  $\mu_V^{\text{png}}$  – доля по объему графических данных формата JPEG, GIF, PNG соответственно;
- $\mu_N^r$  – доля по количеству файлов графических данных (всех форматов);
- $\mu_N^{\text{jpeg}}$ ,  $\mu_N^{\text{gif}}$ ,  $\mu_N^{\text{png}}$  – доля по количеству файлов графических данных формата JPEG, GIF, PNG соответственно.

Классификационный признак  $\mu_{\Pi}$  есть случайная величина, распределенная на интервале  $[0,1]$ . Экспериментальное исследование показало, что  $\mu_{\Pi}$  для потоков http-ответов от web-сайтов множеств  $M_1$  и  $M_2$  распределяется по разным законам:  $f_1(\mu_{\Pi})$  и  $f_2(\mu_{\Pi})$  соответственно (рис.2).

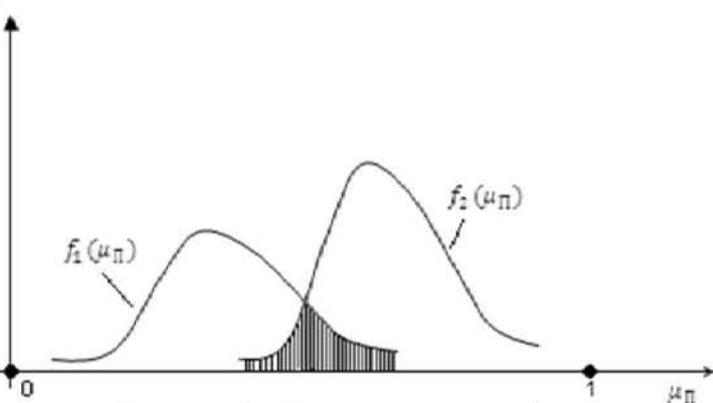


Рисунок 2 – Плотность распределения

Каждое из этих распределений зависит не только от самого классификационного признака  $\mu_{\Pi}$

но и от размера окна  $W$ . В общем случае, чем больше значение  $W$ , тем меньше область их пересечения и, следовательно, тем меньше вероятность ошибок принятия решения о справедливости одной из двух гипотез  $H_0$  и  $H_1$ .

Очевидно, что от выбора значения  $W$  зависит чувствительность к новому http-ответу, т.е. распределение  $\mu_{\Pi}$ . Чем больше  $W$ , тем меньше чувствительность  $\mu_{\Pi}$  к новому ответу, что означает большое «запаздывание» при обнаружении границ участков разнотипных данных смешанного входного web-потока.

В зависимости от критерия оптимальности возможны разные варианты постановки задачи обучения системы фильтрации. Учитывая, что в рамках первичной фильтрации осуществляется обнаружение запрещенных данных во входном web-потоке, наиболее важно, чтобы вероятность ложной тревоги не превышала заданную величину. При этом задача обучения системы фильтрации формулируется следующим образом.

**Дано:** выборки разрешенных web-сайтов  $G_1$  и запрещенных web-сайтов  $G_2$ , размер

окна  $W$ , шаг  $S$ , множество  $\mu_{\Pi}$ ; допустимая вероятность ложного срабатывания  $P_{\text{лож}}^{\text{доп}}$ .

**Требуется:**

Определить классификационный признак  $\mu_{\Pi}$  и соответствующее пороговое значение  $\mu_{\Pi}^{\text{пор}}$ , при котором по (2) осуществляется обнаружение данных от web-сайтов множества  $M_2$  во входном web-потоке с максимально возможной вероятностью обнаружения  $P_{\text{обн}}$  при выполнении условия

$$P_{\text{лож}} \leq P_{\text{лож}}^{\text{доп}}. \quad (3)$$

Блок-схема алгоритма решения поставленной задачи приведена на рисунке 3.

На **шаге 2** алгоритма осуществляется имитирование работы делового пользователя через браузер для получения потоков http-ответов вида (1)  $R_1$  и  $R_2$  от выборок web-сайтов  $G_1$  и  $G_2$ , соответственно. Каждый http-ответ  $r$  характеризуется типом и размером его поля данных.

На **шаге 3** алгоритма классификационный признак  $\mu_i$  есть одна из восьми упомянутых выше типов доли графических данных  $(\mu_V^r, \mu_V^{\text{jpeg}}, \mu_V^{\text{gif}}, \mu_V^{\text{png}}, \mu_N^r, \mu_N^{\text{jpeg}}, \mu_N^{\text{gif}}, \mu_N^{\text{png}})$ .

Доля графических данных по объему  $\mu_V^r$  и по количеству файлов  $\mu_N^r$  определяются, как

$$\mu_V^r = V_r / V, \quad \mu_N^r = N_r / W, \quad (4)$$

где  $V_r$  [байт],  $V$  [байт] – объем графических файлов и общий объем данных web-потока в окне  $W$ ,  $N_r$  – количество графических файлов в окне  $W$ .

Доли графических данных конкретного формата (JPEG, GIF, PNG) определяются аналогичным образом:

$$\begin{aligned} \mu_V^{\text{jpeg}} &= V_{\text{jpeg}} / V, & \mu_V^{\text{gif}} &= V_{\text{gif}} / V, & \mu_V^{\text{png}} &= V_{\text{png}} / V, \\ \mu_N^{\text{jpeg}} &= N_{\text{jpeg}} / W, & \mu_N^{\text{gif}} &= N_{\text{gif}} / W, & \mu_N^{\text{png}} &= N_{\text{png}} / W. \end{aligned} \quad (4')$$

На **шаге 4** алгоритма каждый из этих восьми параметров принимает значение на интервале  $[0; 1]$ , т.е.  $\mu_{i,\text{min}} = 0$ ;  $\mu_{i,\text{max}} = 1$ ;  $i = \overline{1..8}$ .

На **шаге 5** алгоритма поиск порогового значения  $\mu_i^{\text{пор}}$  начинается с нижней границы его области значений, при которой  $P_{\text{лож}}^i$  и  $P_{\text{обн}}^i$  равны единице. При увеличении  $\mu_i^{\text{пор}}$  (**шаг 8**) данные вероятности уменьшаются. Значение  $P_{\text{лож}}^i$  при минимальном  $\mu_i^{\text{пор}}$ , удовлетворяющем (3) (**шаг 7**) будет максимальным для  $\mu_i$ . При этом же фиксируется тройка  $(\mu_i, \mu_i^{\text{пор}}, P_{\text{обн}}^i)$  (**шаг 10**).

На **шаге 6** осуществляется вычисление  $P_{\text{обн}}^i$  и  $P_{\text{лож}}^i$  при текущем значении порога текущего классификационного признака  $\mu_i^{\text{пор}}$ . Для этого необходимо вычислить по (4) и (4') значение параметра  $\mu_i$  для каждой из последовательностей http-ответов  $R_1, R_2$  в окне  $W$  и шаге скольжения  $S$ . После этого определить  $P_{\text{обн}}^i$  и  $P_{\text{лож}}^i$ :

$$P_{\text{обн}}^i = \int_{\mu_i^{\text{пор}}}^{\infty} f_2(\mu_i) d\mu_i \approx \frac{N_2^*}{N_2}; \quad P_{\text{лож}}^i = \int_{\mu_i^{\text{пор}}}^{\infty} f_1(\mu_i) d\mu_i \approx \frac{N_1^*}{N_1}. \quad (5)$$

где  $N_1$  и  $N_2$  – количество измерений доли графических данных  $(\mu_i)$  в  $R_1$  и  $R_2$ ;  $N_1^*$  и  $N_2^*$  – количество измерений в  $R_1$  и  $R_2$ , при которых  $\mu_i > \mu_i^{\text{пор}}$ .

После того как все классификационные признаки  $\mu_i$  будут анализированы (**шаг 11**), получится восемь троек  $(\mu_i, \mu_i^{\text{пор}}, P_{\text{обн}}^i)$ . Та тройка с максимальным значением  $P_{\text{обн}}^i$  будет решением поставленной задачи (**шаг 13**). К примеру, если задаются  $W=30, S=10$ ,

$P_{лож}^{дол} = 0,01$ , то решением будет тройка ( $\mu_i = \mu_N^{jreg}$ ,  $\mu_i^{пор} = 0,67$ ,  $P_{обн}^i = 0,70$ ).

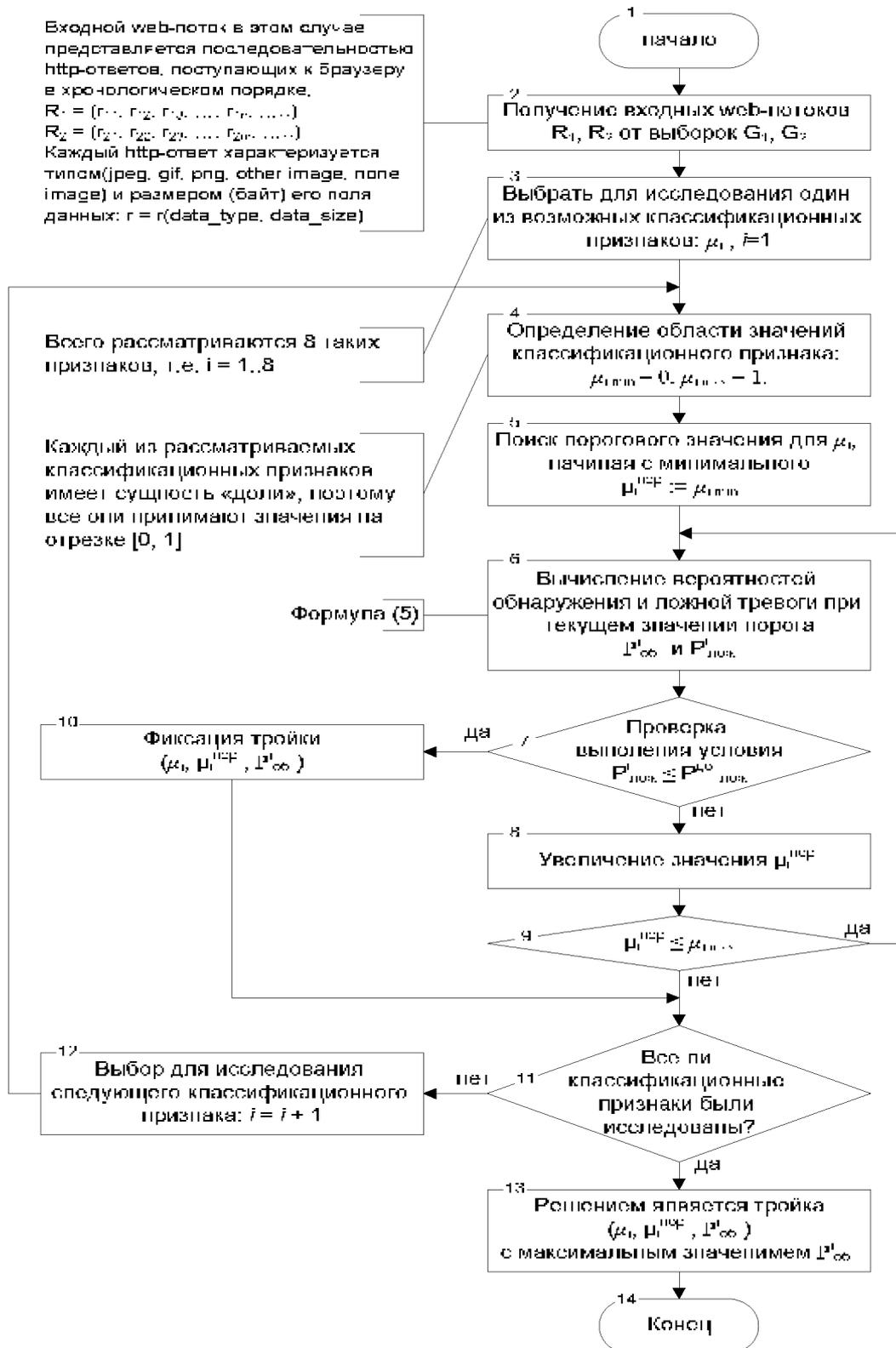


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма обучения системы первичной фильтрации

Найденное решение позволяет сконфигурировать систему первичной фильтрации: выбрать классификационный признак  $\mu_i$  и установить для него порог  $P_{обн}^i$ , чтобы достичь требуемого качества фильтрации (3) с максимальной вероятностью обнаружения  $P_{обн}^i$ . С развитием web-технологий общие статистические свойства web-сайтов претерпевают

изменения, поэтому систему фильтрации необходимо переобучать с целью ее адаптации к новым условиям.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Липцев Р.Ш., Ширяев А.Н. Статистика случайных процессов. – М.: Наука, 1974.
2. Колмогоров А.Н., Прохоров Ю.В., Ширяев А.Н., Вероятностно-статистические методы обнаружения спонтанно возникающих эффектов. Труды математического института АН ССР, 1988. – Том 182. – С. 4-23
3. Клигене Н., Телькснис Л. Методы обнаружения моментов изменения свойств случайных процессов // Автоматика и телемеханика, 1983. – Т.10. – С. 5-56.
4. Ширяев А.Н. Обнаружение спонтанно возникающих эффектов // ДАН СССР. – 1961. – Т.138. – С.799-801.
5. Ширяев А.Н. Статистический последовательный анализ. – М.: Наука, 1976.
6. Jeongeun Julie Lee, Maruti Gupta. «A new traffic model for current user web browsing behavior», Intel Corporation 2007.
7. Choi H. and Limb J. «A behavioral model of web traffic» in International conference of networking protocol'99 (ICNP 99), September 1999.
8. Mah. B.A. «An empirical model of HTTP network traffic», in Proceedings of INFOCOM'97, April 7-11, Kobe, Japan.

**Комашинский Владимир Владимирович**

Академия ФСО России, г. Орел

Сотрудник

Тел.: (4862) 40-83-59

E-mail: [vladkom-orel@rambler.ru](mailto:vladkom-orel@rambler.ru)

**Нгуен Туан Ань**

Академия ФСО России, г. Орел

Сотрудник

Тел.: 8 920 822 51 28

E-mail: [summerlant@gmail.com](mailto:summerlant@gmail.com)

---

V.V. KOMASHINSKY, T.A. NGUYEN

#### A TRAINING ALGORITHM FOR THE SYSTEM OF INCOMING WEB TRAFFIC FILTERING BASED ON STATISTICAL CHARACTERISTICS OF ITS GRAPHIC COMPONENT

*The authors introduce a training algorithm for the incoming web traffic filtering system that should block fragments of web data incoming from illegal websites of the open networking according to statistical characteristics of the graphic component of the web traffic.*

**Keywords:** *filtering; classification; detection; incoming web traffic's statistical characteristics.*

#### BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Lipcep R.Sh., Shiryayev A.N. Statistika sluchajny`x processov. – M.: Nauka, 1974.
2. Kolmogorov A.N., Proxorov Yu.V., Shiryayev A.N. Veroyatnostno-statisticheskiye metody` obnaruzheniya spontanno vznikayushhix e`ffektov. Trudy` matematicheskogo institute AN SSR, 1988. – Tom 182. – S. 4-23
3. Kligene N., Telksnis L. Metody` obnaruzheniya momentov izmeneniya svojstv sluchajny`x processov// Avtomatika i telemexanika, 1983. – T.10. – S. 5-56.
4. Shiryayev A.N. Obnaruzheniye spontanno vznikayushhix e`ffektov // DAN SSSR. – 1961. – T.138. – S. 799-801.
5. Shiryayev A.N. A.H. Statisticheskij posledovatelny`j analiz. – M.: Nauka, 1976.
6. Jeongeun Julie Lee, Maruti Gupta. «A new traffic model for current user web browsing behavior», Intel Corporation 2007.
7. Choi H. and Limb J. «A behavioral model of web traffic» in International conference of networking protocol'99 (ICNP 99), September 1999.
8. Mah. B.A. «An empirical model of HTTP network traffic», in Proceedings of INFOCOM'97, April 7-11, Kobe, Japan.

А.Н. МИРОНЕНКО, С.В. БЕЛИМ

**МНОГОУРОВНЕВАЯ СИСТЕМА ФИЛЬТРАЦИИ СПАМА**

*Предложена система двухуровневой фильтрации с применением различных методов. Первый метод подразумевает дополнительный формальный протокол подтверждения доставки. Вторым методом основан на использовании сети формальных нейронов с применением алгоритма кластеризации элементов, что позволяет существенно снизить нагрузку на пользователя по обучению нейросети. Проведен компьютерный эксперимент по оценке эффективности предложенной системы.*

**Ключевые слова:** нейронная сеть; заголовок письма; фильтрация; спам.

**ВВЕДЕНИЕ**

Задача автоматической фильтрации сообщений при использовании электронной почты не теряет своей актуальности, несмотря на разработку и внедрения различных программных комплексов борьбы со спамом. На сегодняшний день сформировалось два основных направления разработки методов борьбы с нежелательными почтовыми сообщениями. Первое связано с организационными методами по ограничению распространения баз «живых» почтовых адресов. Второе ориентировано на анализ содержимого письма с применением методов интеллектуального анализа текста – «TextMining».

Большинство фильтров с использованием интеллектуальных алгоритмов построено на байесовском подходе [1], что не позволяет учитывать семантику электронных сообщений. Использование нейронных сетей [2] позволяет получить приемлемые результаты фильтрации спама, однако требует достаточно длительного периода обучения и больших временных затрат со стороны пользователя. Одна из особенностей фильтров на основе нейросетей состоит в том, что существует «предел» обучения, после которого эффективность фильтра перестает расти. Более того, пользователю приходится постоянно дообучать систему, чтобы поддерживать ее на одном уровне [2]. Данное обстоятельство обусловлено тем, что злоумышленники постоянно варьируют методы «маскировки» спамовых сообщений.

В данной статье предложена двухуровневая система фильтрации электронной почты от нежелательных сообщений. При этом два разных уровня решают разные задачи. Первый уровень использует систему дополнительных сообщений для подтверждения легитимности письма. Вторым уровнем основан на использовании нейросети с дополнительным модулем, позволяющим снизить нагрузку на пользователя по «дообучению» нейросети в процессе эксплуатации.

**ФИЛЬТРАЦИЯ С ПОМОЩЬЮ ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ЛЕГИТИМНОСТИ**

Любая система фильтрации не свободна от ошибок первого и второго рода. Ошибки первого рода подразумевают признание спамного сообщения в качестве легитимного. Ошибки второго рода — наоборот удаление легитимного сообщения вследствие отнесения его к спаму. Ошибки первого рода доставляют неудобства пользователю и, как правило, для борьбы с ними и строятся системы фильтрации. Ошибки же второго рода могут носить критический характер вследствие утери документов. Первый уровень предлагаемой системы как раз направлен на предотвращение ошибок второго рода. Предлагаемый алгоритм использует подтверждающие сообщения.

Будем исходить из предположения, что заранее известно множество участников, между которыми происходит обмен критически важными сообщениями. Данное предположение достаточно правдоподобно, так как важные письма редко приходят от неизвестного абонента. Если обмен сообщениями носит постоянный характер, то создается база постоянных клиентов. Если отсылка важного письма производится впервые, то абонент подтверждает отправку письма по другим каналам, например, по телефону. Также в пользу предположения об априорно известном списке абонентов говорит использование его в других широко известных системах защиты почтовых сообщений, например PGP.

Фильтрация на основе подтверждающих сообщений может быть произведена только с использованием заголовка письма. Стандартный заголовок содержит 12 ключевых полей. Мы будем использовать только четыре из них:

1. From – адрес отправителя.
2. Message-ID – уникальный идентификатор сообщения. Состоит из адреса узла-отправителя и номера (уникального в пределах узла).
3. In-Reply-To – указывает на Message-ID, для которого это письмо является ответом (с помощью этого почтовые клиенты могут легко выстраивать цепочку переписки – каждый новый ответ содержит Message-ID для предыдущего сообщения).
4. Subject – тема письма.

Будем считать, что письма, используемые в данной системе, имеют специальную метку в одном из полей заголовка. Письма, не имеющие выделенной метки, автоматически пропускаются на следующий уровень. Предлагаемая система использует карантин для временного хранения писем, а также «белый» и «черный» списки отправителей. В белый список заносятся гарантированно пропускаемые письма, в черный список — гарантированно удаляемые. Белый список необходим для хранения списка отправителей, фильтрацию сообщений от которых администратор не может доверить автоматической системе, например, по юридическим или иным соображениям. Остальные письма проходят фильтрацию. Фильтрация необходима, так как злоумышленник может перехватить письмо и обнаружить метку, которую в дальнейшем будет встраивать во все письма со спамом. Для функционирования фильтра необходимо два алгоритма: алгоритм обработки вновь поступившего письма и алгоритм управления карантинном.

Рассмотрим алгоритм обработки вновь поступивших писем:

1. Выделяются ключевые поля заголовка: From (адрес отправителя), Subject (тема сообщения), Message-id (Id сообщения), Date (дата попадания сообщения в карантин).
2. Проводится предварительная фильтрация сообщения по белому и черному спискам.
3. Письма, не попавшие ни в белый, ни в черный списки, помещаются в карантин.

Запись о вновь поступившем письме заносится в таблицу следующего вида:

№	IdСообщения (Message-id)	АдресОтправителя(From)	Дата попадания сообщения в карантин(Date)
1			
...			
N			

Параметр N может варьироваться, исходя из среднего количества входящих сообщений за сутки.

Рассмотрим теперь алгоритм управления карантинном:

1. После поступления письма в карантин для него определяется время хранения. Простейшим является решение, при котором время хранения для всех писем одинаково. Однако для предоставления возможности более гибкого администрирования системы фильтрации в таблице может быть создано дополнительное поле, содержащее время хранения заданного письма. Время хранения может назначаться вручную или автоматически, в зависимости от одного из полей письма. Автоматическое назначение времени хранения требует разработки определенной «политики безопасности».

2. Отправителю посылается письмо с просьбой подтвердить отправку сообщения с указанием в поле Тема (Subject) некоторой комбинации (Message-id). Если обмен сообщениями носит нерегулярный характер, то достаточно уведомить потенциального отправителя об особенностях системы для избежания недоразумений. Если происходит регулярный обмен сообщениями, то отправку сообщений можно автоматизировать.

3. При поступлении подтверждающего сообщения письмо из карантина поступает в папку «входящие».

4. Если по истечении срока хранения письма не поступило подтверждающего сообщения, то письмо удаляется.

На первый взгляд система может приводить к задержке срочных сообщений в карантине. Однако, отправляя срочное письмо, отправитель должен быть готов подтвердить срочность, отправив ответ на запрос в кратчайшие сроки. Если же срочное письмо ожидает получатель, то он может повлиять на скорость доставки редактированием белого списка.

### КОНТЕКСТНАЯ ФИЛЬТРАЦИЯ

На втором уровне реализован модуль фильтрации почтовых сообщений на основе сети формальных нейронов. Первичная обработка письма состоит в выборе  $N$  наиболее часто встречающихся в нем слов. Величина  $N$  является константой системы и выбирается на основе компьютерного эксперимента. При увеличении  $N$  эффективность фильтрации сначала возрастает, но при достижении некоторого порогового значения меняется слабо. В качестве рабочей величины  $N$  было выбрано значение, близкое к пороговому значению.

Как и для любой нейросети, работа системы происходит в два этапа — обучение системы и фильтрация спама. Автоматизированная система фильтрации определяет частоту вхождения слов в каждом почтовом сообщении и ведёт базу данных частотных словарей, на основе которых определяет вероятность принадлежности сообщения к спаму. После обработки каждого электронного сообщения обновляются частотные словари. За счет этого выполняется динамическая подстройка автоматизированной системы фильтрации к постоянно меняющемуся потоку сообщений. Процесс заполнения частотных словарей состоит из четырех этапов:

1. Выделение писем, относящихся к спаму (не спаму);
2. Разделение указанных писем на слова;
3. Подсчет количества одинаковых слов, встретившихся в письмах категории спама (не спама);
4. Подсчет количества писем, в которых встретилось слово определенной категории.

После построения словарей для определения весовых коэффициентов, сопоставляемых словам на входе нейросети, был использован таксономический алгоритм FORELL 2 [3], позволяющий проводить кластеризацию точек по их координатам. Для применимости данного алгоритма для каждого объекта (слово/«токен») было выделено два свойства: частота появления в спам и не спам сообщениях, что позволяет отобразить исходные данные на двухмерной плоскости. Далее все точки были разделены на три группы – спам; не спам; возможно, спам.

Внешний слой нейронной сети содержит  $N$  нейронов, входные синапсы которых соответствуют словам из словаря. Каждому входу присваивается вес 0.9 (спам) или 0.5 (возможно, спам) или 0.2 (не спам). Входные сигналы нейросети определяются присутствием слов в почтовом сообщении. Все выходные сигналы нейронов первого слоя сети попадают на вход второго, состоящего из одного нейрона, который принимает одно из трех решений: сообщение является спамом (R1), сообщение не является спамом (R2), невозможно определить является ли сообщение спамом (R3). В реализованной системе была выбрана следующая функция отклика нейронов:

$$y = \frac{1}{1 + e^W}.$$

На этом слое принимается решение о принадлежности сообщения к спаму. Решение принимается, исходя из полученного числа, лежащего в интервале от 0 до 1. Чем ближе получившееся число к одному из этих значений, тем с большей уверенностью можно сказать, является сообщение спамом или нет.

Формирование внутренней таблицы нейронной сети осуществляется в два этапа. Первоначально производится обучение с учителем. То есть первые  $N_0$  сообщений классифицирует пользователь. В дальнейшем применяется смешанное обучение. Если сообщение попало в категорию R1 или R2, то соответствующие поправки в таблицу вносятся автоматически. Для писем из категории R3 решение принимает пользователь и на основе его

решения вносятся изменения во внутреннюю таблицу.

Экспериментальная проверка показала, что система правильно отфильтровывает 79% спам сообщений, что является достаточно хорошим результатом, сравнимым с современными аналогами. При этом пропускается 21% спам-сообщений. Число ложных срабатываний составило 1%, причем все они касались сгенерированных писем, которые зачастую сами пользователи расценивают как спам.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, предложенная двухуровневая система фильтрации нежелательной корреспонденции дает достаточно хорошие результаты. Хороших результатов удается достичь на достаточно небольшой обучающей выборке порядка 250 сообщений. При этом постоянная эксплуатация системы приводит к улучшению результатов. Использование таксономического алгоритма позволяет повысить точность фильтрации приблизительно на 7%. Следует отметить, что в статье показана принципиальная перспективность предложенного подхода. Точность метода можно повысить, во-первых, за счет усложнения топологии нейросети, а во-вторых, вводя более тонкую градацию весовых коэффициентов, решая задачу кластеризации для большего количества таксонов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. RFC 2076 (rfc2076) – Common Internet Message Headers / Internet FAQ Archives. URL <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2076.html> (дата обращения: 19.05.2010).
2. RFC1939 – Post Office Protocol – Version 3 / Internet FAQ Archives. URL <http://www.faqs.org/rfcs/rfc1939.html> (дата обращения: 20.05.2010).
3. Загоруйко Н.Г. Прикладные методы анализа данных и знаний. – Новосибирск: ИМ СО РАН, 1999.

### Мироненко Антон Николаевич

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, г. Омск  
Аспирант кафедры информационной безопасности  
Тел.: 8 904 581 65 42  
E-mail: [mironim84@mail.ru](mailto:mironim84@mail.ru)

### Белим Сергей Викторович

Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского, г. Омск  
Доктор физико-математических наук, доцент, зав. кафедрой информационной безопасности  
Тел.: (3812) 62-80-90  
E-mail: [sbelim@mail.ru](mailto:sbelim@mail.ru)

---

A.N. MIRONENKO, S.V. BELIM

## MULTILEVEL SPAM FILTERING SYSTEM

*The system of a two-level filtration with application of various methods is offered. The first method means the additional formal protocol of acknowledgement of delivery. The second method is based on use of a network of formal neurons with algorithm application of algorithm of clustering of elements that allows to lower essentially loading on the user on training a neural network. Computer experiment on estimations of efficiency of the offered system is made.*

**Keywords:** neural network; letter heading; filtration; spam.

## BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. RFC 2076 (rfc2076) – Common Internet Message Headers / Internet FAQ Archives. URL <http://www.faqs.org/rfcs/rfc2076.html> (data obrashheniya: 19.05.2010).
2. RFC1939 – Post Office Protocol – Version 3 / Internet FAQ Archives. URL <http://www.faqs.org/rfcs/rfc1939.html> (data obrashheniya: 20.05.2010).
3. Zagojruko N.G. Prikladny'e metody' analiza danny'x i znaniy. – Novosibirsk: IM SO RAN, 1999.

УДК 621.3

С.Н. СЁМКИН, Д.Е. ГОРОХОВ, С.И. ДЕМЕНТЬЕВ

## ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССА ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ

В работе предложена имитационная модель для оценки защищенности информационных активов в процессе реализации информационных угроз потенциальным злоумышленником. Результаты проведенного эксперимента на представленной модели подтверждают адекватность математической модели и позволяют использовать их при реализации упреждающей стратегии управления информационными рисками.

**Ключевые слова:** имитационная модель; управление информационными рисками.

Проблема управления рисками информационной безопасности в ходе реализации бизнес-процессов возникла и развивается вследствие возрастания разнообразия, сложности и ответственности задач, решаемых с использованием информационных систем, а также в связи с необходимостью качественного решения задач защиты информационных активов организации. Одной из задач, решаемых в процессе управления информационной безопасностью, является количественная оценка величины риска.

Методы количественного оценивания информационных рисков, модели процессов реализации информационных угроз, методическая база формирования политик безопасности, бурно развиваясь в последние годы, в настоящее время ещё далеки от совершенства.

Как правило, система защиты строится по рубежной архитектуре [1]. На каждом рубеже может находиться  $n$  средств защиты, препятствующих реализации некоторой угрозы  $y_i \in Y$ , где  $Y$  – множество информационных угроз. Каждое из средств защиты  $x_{ij} \in X$ , где  $X$  – множество средств защиты информации, характеризуется набором параметров: вероятность успешного противодействия реализации  $i$ -той непреднамеренной угрозы, среднее время преодоления средства защиты идеальным злоумышленником при реализации им  $i$ -той преднамеренной угрозы, коэффициент усложнения анализа системы защиты, среднее время изучения средства защиты потенциальным злоумышленником [2].

Модель реализации злоумышленником деструктивных воздействий предлагается представить в виде трехэтапной процедуры, изображенной на рисунке 1.

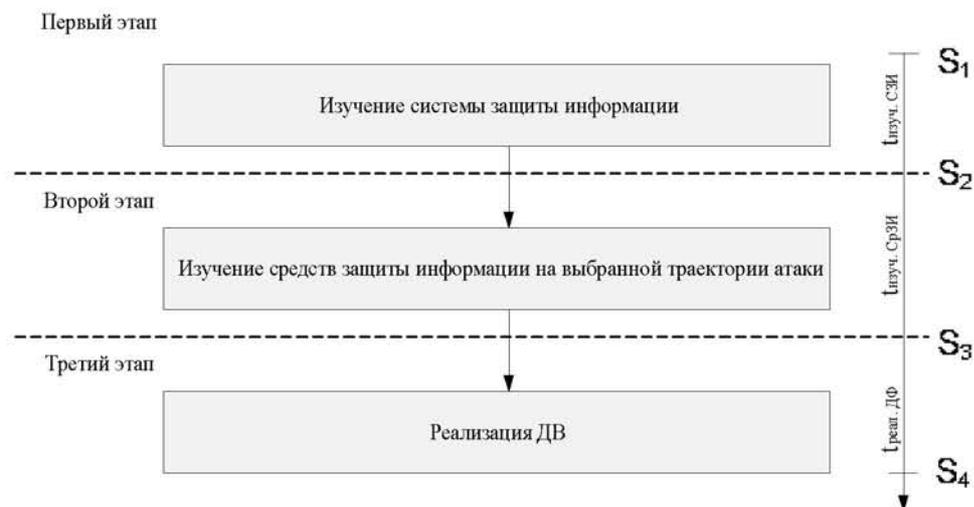


Рисунок 1 – Модель деятельности злоумышленника по реализации деструктивного воздействия

В начальный момент времени процесс находится в состоянии  $S_1$ . Вероятности перехода из  $i$ -состояния в  $j$ -состояние  $P_{ij}(t)$  определяются, как:

$$P_{12}(t) = P_{\text{изучСЗИ}}(t) = \begin{cases} N_0 e^{\alpha k t}, & \text{при } t < (\alpha k)^{-1} \ln\left(\frac{1}{N_0}\right) \\ 1, & \text{при } t \geq (\alpha k)^{-1} \ln\left(\frac{1}{N_0}\right) \end{cases}, \quad (1)$$

где  $N_0$  – относительный уровень начальных знаний злоумышленника об атакуемом объекте информатизации (и его системы защиты информации);  $k$  – коэффициент, отражающий способность злоумышленника по добыванию информации (наличие соответствующих технических и организационных средств, знаний, экспертов и т.д.);  $\alpha$  – коэффициент усложнения анализа системы.

$$P_{23}(t) = \prod_{j: \sigma_{ij}=1} P_{u_{ji}}(t), \quad (2)$$

где  $\sigma_{ij}$  – элементы матрицы реализации защитных механизмов  $\Gamma = \{\sigma_{ij}\}$ ,

$P_{u_{ji}}(t)$  – вероятности изучения средства защиты.

$$P_{u_{ji}}(t) = 1 - e^{-\frac{(t+t_0) \bmod T_{\text{мод}}}{T_{\text{изуч}}}}, \quad (3)$$

где  $T_{\text{мод}}$  – время модификации параметров средства защиты,  $T_{\text{изуч}}$  – время изучения средства защиты.

$$P_{34}(t) = 1 - e^{-\frac{t}{T_{\text{преод}}}}, \quad (4)$$

где  $T_{\text{преод}}$  – среднее время преодоления средства защиты идеальным злоумышленником.

Для исследования количественных зависимостей параметров потенциального злоумышленника, угроз и защитных механизмов разработана имитационная модель процесса реализации информационных угроз потенциальным злоумышленником.

В рамках построения имитационной модели были приняты следующие ограничения и допущения:

- $N_0, k, \alpha$  находятся в полуинтервале  $(0; 1]$ ;
- Преодоление рубежей защиты происходит последовательно;
- Количество преодолеваемых потенциальным злоумышленником рубежей  $L=7$  соответствует классической семирубежной модели [3];
- Противодействие  $i$ -ой угрозе на каждом  $l$  рубеже актива  $j$  осуществляет одно средство защиты  $c_{ij} \in C$ , где  $C$  – множество всех средств защиты;
- Все средства защиты  $c_i \in C$  имеют одинаковые значения набора параметров  $v = \{T_{\text{изуч}}, T_{\text{преод}}, t_0, T_{\text{мод}}\}$ .
- Коэффициент усложнения анализа системы  $\alpha$  учитывается для всей системы в целом.

Для моделирования использована среда Any Logic. Модель содержит один активный объект – Asset, который моделирует действия злоумышленника в рамках одного актива.

На каждый актив может действовать различный набор угроз  $Y$ , в рамках объекта реализовано 3 угрозы. Так как преодоление рубежей защиты происходит последовательно, то этот процесс представляет собой последовательную смену состояний.

Активный объект имеет:

- 5 параметров:
  - CountPath – количество угроз;
  - Boundary – количество рубежей;
  - $N_0$  – относительный уровень начальных знаний злоумышленника об атакуемом ОИ (и его СЗИ);
  - Alf – коэффициент усложнения анализа системы;

- $k$  – коэффициент, отражающий способность злоумышленника по добыванию информации;
- 4 динамические переменные типа массив, имеющие размерность  $D_{Boundary}$ ,  $D_{Threat}$ :
  - $ArrTmod$  – время модификации параметров средства защиты;
  - $ArrTizm$  – время изучения средства защиты;
  - $Arrt0$  – время существования средства защиты;
  - $ArrTpreod$  – среднее время преодоления средства защиты идеальным злоумышленником;
- Функцию  $CalcT$  ( $int$  Threat,  $int$  Bound), вычисляющую значения времени реализации ДВ на актив, где  $Threat$  – число угроз,  $Bound$  – число рубежей. Исходный текст функции представлен в приложении 1;
- Объект типа *Histogram DataAsset* и типа *Histogram HistAsset*;
- Различные объекты для визуализации.

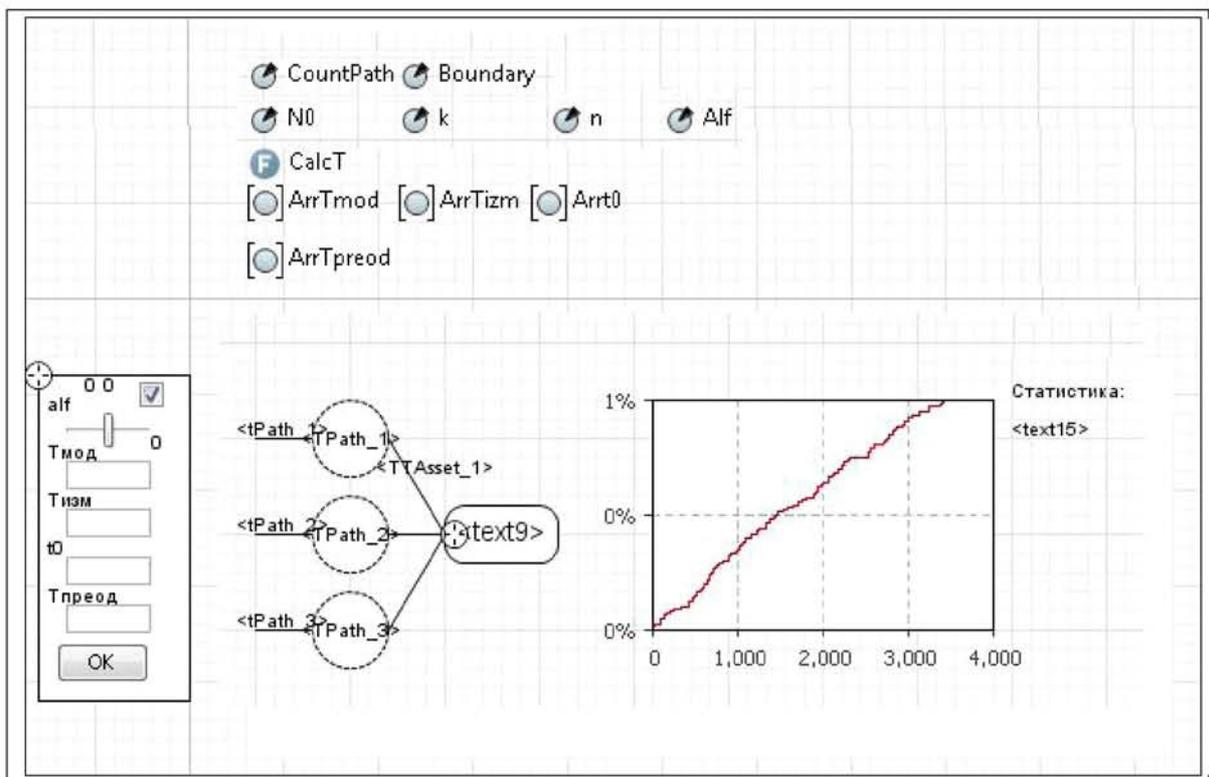


Рисунок 2 – Активный объект Asset

Для исследования процесса были использованы следующие факторы:  $N_0$ ,  $k$ ,  $\alpha$ . В качестве центра плана выбран центр исследуемой области. Значения факторов указаны в таблице 1. Интервалы варьирования по каждому  $i$ -му фактору  $\Delta x_i$  приняты равными 0,4. Матрица полного факторного эксперимента представлена в таблице 2.

Таблица 1 – Значения факторов эксперимента

Факторы ( $x_i$ )	Базовое значение $x_{0i}$
$N_0(x_1)$	0.5
$k(x_2)$	0.5
$\alpha(x_3)$	0.5

Таблица 2 – План эксперимента

Номер опыта	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$	$x_1 x_2 x_3$	$y$
1	+1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	-1	$y_1$
2	+1	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	$y_2$
3	+1	-1	+1	-1	-1	+1	-1	+1	$y_3$
4	+1	+1	+1	-1	+1	-1	-1	-1	$y_4$
5	+1	-1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	$y_5$
6	+1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	-1	$y_6$
7	+1	-1	+1	+1	-1	-1	+1	-1	$y_7$
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	$y_8$

Данная матрица планирования эксперимента является ортогональной [5], что дает возможность произвести независимую оценку коэффициентов полинома:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_1 x_2 + b_5 x_1 x_3 + b_6 x_2 x_3 + b_7 x_1 x_2 x_3$$

Для повышения достоверности результатов проведены три параллельных опыта ( $n = 3$ ). Соответственно, усредненное значение функции отклика найдено по формуле:

$$y_{cp_i} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n y_{i_j}, \quad (5)$$

где  $i = 1..N$  – номер опыта по порядку, установленному первым столбцом матрицы;

$j$  – номер параллельного опыта в ее строке;

$y_{i_j}$  – значение функции отклика, соответствующее  $j$ -му параллельному опыту в  $i$ -м номере опыта;

$n$  – число параллельных опытов.

Для проверки однородности дисперсий, учитывая, что число повторов каждого эксперимента одинаково, предлагается использовать критерий Кохрена. Для применения критерия Кохрена необходимо рассчитать дисперсию экспериментальных значений функции отклика по формуле:

$$s_i^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (y_{i_j} - y_{cp_j})^2 \quad (6)$$

Полученные значения занесены в таблицу 3. Очевидно, что наибольшее значение дисперсии получено в первом опыте  $D_1 = 0,0138996$ .

Для оценки однородности дисперсии подсчитаем параметр  $G$  по формуле:

$$G = \frac{\max s_i^2}{\sum_{i=1}^N s_i^2} \quad (7)$$

Таблица 3 – Результаты экспериментов

Номер опыта	1-е испытание	2-е испытание	3-е испытание	$y_{cp j}$	$s_i^2$
1	1317,485	1317,427	1317,211	1317,374333	0,020849
2	1201,461	1201,646	1201,548	1201,551667	0,008566
3	1212,818	1212,999	1212,813	1212,876667	0,011230
4	1196,983	1197,02	1197,043	1197,015333	0,000916
5	1213,023	1213,026	1212,927	1212,992	0,003171
6	1196,986	1197,029	1196,992	1197,002333	0,000542
7	1198,334	1198,342	1198,321	1198,332333	0,000112
8	1196,842	1196,746	1196,945	1196,844333	0,009904

Наибольшее значение дисперсии получено в первом опыте  $D_1 = 0,0138996$ .

В [4] определено критическое значение  $G_{кр} = 0.4377$ . Поскольку посчитанное по формуле (7) значение  $G$  удовлетворяет соотношению  $G < G_{кр}$ , то  $s_i^2$  представляет собой результат случайного рассеяния исследуемой функции отклика, т.е. эксперимент воспроизводим. Вычисление коэффициентов полинома производилось по следующей формуле:

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ji} y_{cp j} \quad (8)$$

Результаты вычислений представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты вычисления коэффициентов полинома

$b_i$	Полученное значение
$b_0$	1216.749
$b_1$	-18.6452
$b_2$	-15.4815
$b_3$	-15.4559
$b_4$	14.30787
$b_5$	14.30787
$b_6$	14.27579
$b_7$	-10.6825

Значимость коэффициентов  $b_i$  оценивается по  $t$  (критерию Стьюдента) в соответствии с формулой:

$$t_i = \frac{|b_i|}{\sqrt{s^2 \{b_i\}}} \quad (9)$$

где  $S^2 \{b_i\}$  – дисперсия ошибки определения  $b_i$ .

При ортогональном планировании эксперимента дисперсия ошибки определения для каждого из коэффициентов равны между собой [4].

$$s^2 \{b\} = \frac{s^2 \{Y\}}{nN} \quad (10)$$

где  $s^2 \{Y\} = \sum_{i=1}^N \frac{s_i^2}{N}$  – дисперсия воспроизводимости.

В результате расчетов для числа степеней свободы  $\nu = N(n-1)$  и  $\beta = 0,1$  получены следующие результаты:

$$s^2\{Y\} = 0.006912; \quad s^2\{b\} = 0.000288;$$

$$t_0 = 71699.98; \quad t_1 = 1098.716; \quad t_2 = 912.2839; \quad t_3 = 910.7764; \quad t_4 = 843.1276;$$

$$t_5 = 841.237; \quad t_6 = 693.991845; \quad t_7 = 629.4908;$$

Учитывая значение  $t_{кр} = 1,75$ , можно сделать вывод о том, что все коэффициенты значимы.

Для оценки дисперсии и адекватности воспользуемся формулой:

$$s_{ад}^2 = \frac{1}{N-d} \sum_{i=1}^N (y_{cp_i} - y_{t_i})^2, \quad (11)$$

где  $d$  – число членов аппроксимирующего полинома;

$y_{t_i}$  – предсказанное имитационной моделью значение выходного параметра.

Так как при  $N = d$  не остается степеней свободы для проверки нуль-гипотезы об адекватности, необходимо провести эксперимент в центре плана и сравнить его со свободным членом линейного уравнения:

$$F = \frac{Y_{ц}}{y_{ц}}. \quad (12)$$

Вычисленное по формуле (11) значение составляет 1,0023. Значение параметра  $F_{кр} = 3.048$  найдено с помощью MathCAD 14.0. Поскольку выполняется соотношение  $F_{кр} > F$ , модель может считаться адекватной.

Для оптимизации модели использованы встроенные средства Any Logic. Оптимизируемый (максимизируемый) параметр – среднее значение времени на реализацию деструктивного воздействия  $T$ . Количество итераций зададим 500. Параметры  $N_0$ ,  $k$ ,  $\alpha$  изменяются дискретно в интервале от 0.1 до 0.9 с шагом 0.1.

В результате эксперимента максимальное значение  $T$  достигнуто при значениях параметров  $N_0$ ,  $k$ ,  $\alpha$ , равные 0,1.

Параметры  $N_0$ ,  $k$  по сути являются неуправляемыми, так как объем начальных знаний злоумышленника об атакуемом объекте информатизации и его системе защиты, а также его возможности являются априорно неизвестны и задаются при определенной модели злоумышленника. Устремление же параметра  $\alpha$  к нулю указывает на положительный эффект от мероприятий по противодействию процессу изучения злоумышленником атакуемой системы.

Методы количественной оценки информационных рисков составляют основу системы управления информационной безопасностью. В то же время данные о целях, возможностях злоумышленника и параметрах угроз зачастую недостаточно определены, а результаты расчетов являются труднопроверяемыми на практике. Имитационное моделирование же, являясь эффективным аппаратом исследования стохастических систем, позволяет проводить исследование в условиях неопределенности при неполных и неточных данных.

Имитационное моделирование является важным фактором в системах поддержки принятия решений, т.к. позволяет исследовать большое число альтернатив (вариантов решений), проигрывать различные сценарии при любых входных данных. При этом для эффективного управления информационной безопасностью в рамках упреждающей стратегии защиты важно получить априорный результат при принятии альтернативных решений.

Таким образом, разрабатываемая модель позволяет давать априорную количественную оценку защищенности информационных активов организации, что в свою очередь позволяет реализовать механизмы управления информационной безопасностью в рамках упреждающей стратегии защиты, а значит, и позволяет повысить качество процесса защиты информации. Кроме того, результаты экспериментов подтвердили описанную в литературе [4] возможность реализации функции управления информационной безопасностью за счет препятствия изучению злоумышленником атакуемой системы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасименко В.А. Защита информации в автоматизированных системах обработки данных. – М.: Энергоатомиздат, 1994. – 400 с.
2. Горохов Д.Е. Моделирование процесса реализации угроз для априорной оценки риска информационной безопасности объекта информатизации. / Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии: науч.-техн. журнал. Орёл, 2009. – № 5. – С. 107-111.
3. Основы организационного обеспечения информационной безопасности объектов информатизации / С.Н. Сёмкин, Э.В. Беляков, С.В. Гребенев, В.И. Козачок. – М.: ГелиосАРВ, 2005. – 192 с.
4. Гладких А.А., Зелимов Р.Р. Обманные системы как средство повышения уровня защищенности вычислительной сети. – Сборник трудов ОАО «Ульяновский механический завод». – УлГТУ, Ульяновский центр «Ноосферные знания и технологии РАЕН». – Выпуск 3, 2004. – С. 57-59.
5. Современный эксперимент: подготовка, проведение, анализ результатов / В.Г. Блохин, О.П. Глудкин, А.И. Гуров, М.А. Ханин; под ред. О.П. Глудкина. – М.: Радио и связь, 1997. – 232 с.: ил.

**Сёмкин Сергей Николаевич**

В/ч 93872, г. Орёл

Кандидат технических наук, доцент

Тел.: (4862) 54-99-34

E-mail: [gde@inbox.ru](mailto:gde@inbox.ru)**Горохов Денис Евгеньевич**

В/ч 93872, г. Орёл

Кандидат технических наук

Тел.: (4862) 49-81-98

E-mail: [gde@inbox.ru](mailto:gde@inbox.ru)**Дементьев Станислав Игоревич**

В/ч 93872, г. Орёл

Курсант

Тел.: (4862) 49-81-98

S.N. SYOMKIN, D.E. GOROXOV, S.I. DEMENT'EV

**SIMULATION AS A TOOL FOR QUALITY MANAGEMENT OF INFORMATION SECURITY**

*In the paper a simulation model to assess the security of information assets through the implementation of information-related threats to potential attacker. The results of the experiment on the model presented confirm the adequacy of the mathematical model and can use them to implement proactive strategies for managing information risk.*

**Keywords:** *simulation model; information risk.*

**BIBLIOGRAPHY (TRASLITERATED)**

1. Gerasimenko V.A. Zashhita informacii v avtomatizirovanny`x sistemax obrabotki danny`x. – М.: E`nergoatomizdat, 1994. – 400 s.
2. Goroxov D.E. Modelirovanie processa realizacii ugroz dlya apriornoj ocenki riska informacionnoj bezopasnosti ob`ekta informatizacii. / Fundamental`ny`e i prikladny`e problemy` texniki i texnologii: nauchn.-texn. zhurnal. Oryol, 2009. – № 5. – S. 107-111.
3. Osnovy` organizacionnogo obespecheniya informacionnoj bezopasnosti ob`ektov informatizacii / S.N. Syomkin, E`.V. Belyakov, S.V. Grebenev, V.I. Kozachok. – М.: GeliosARV, 2005. – 192 s.
4. Gladkix A.A., Zelimov R.R. Obmanny`e sistemy` kak sredstvo povy`sheniya urovnya zashhishhyonnosti vy`chislitel`noj seti. – Sbornik trudov ОАО «Ul`yanovskij mexanicheskij zavod». – UIGTU, Ul`yanovskij centr «Noosferny`e znaniya i texnologii RAEN». – Vy`pusk 3, 2004. – S. 57-59.
5. Sovremenny`j e`ksperiment: podgotovka, provedenie, analiz rezul`tatov / V.G. Bloxin, O.P. Gludkin, A.I. Gurov, M.A. Xanin; pod red. O.P. Gludkina. – М.: Radio i svyaz`, 1997. – 232 s.: il.

Д.А. СВЕЧНИКОВ, Д.С. ЦАРЕВ

**МЕТОДИКА ТЕСТИРОВАНИЯ МЕЖСЕТЕВЫХ ЭКРАНОВ  
ПО ТРЕБОВАНИЯМ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИИ**

*Одним из компонентов комплексной системы защиты информации объектов компьютерной сети являются межсетевые экраны. Для обеспечения гарантированной защиты объектов компьютерной сети необходимо не только правильно настроить межсетевой экран, но и проверить качество его функционирования. Данная задача может быть решена при помощи тестирования и исследования характеристик межсетевых экранов по требованиям безопасности информации. Для проведения исследований требуется специальное методологическое обеспечение и аппаратно-программный комплекс.*

***Ключевые слова:** информационная безопасность; система защиты информации; межсетевой экран; методика тестирования; исследование характеристик межсетевого экрана.*

Подсистема экранирования и фильтрации является одной из ключевых подсистем, обеспечивающих защиту информации в автоматизированных информационных системах (АИС) и компьютерных сетях (КС). Межсетевой экран (МЭ) обеспечивает защиту АИС и КС посредством фильтрации информации, т.е. ее анализа по совокупности критериев и принятия решения о ее распространении на основе заданных правил фильтрации, выполняя разграничение доступа субъектов к объектам АИС и КС. Каждое правило фильтрации запрещает или разрешает передачу информации определенного вида, поэтому субъекты получают доступ только к разрешенным информационным объектам. Поскольку МЭ являются основной точкой доступа к объектам АИС и КС, то на них возлагаются важнейшие задачи по защите информации.

Для обеспечения гарантированной защиты объектов компьютерной сети (рабочих станций, служебных и информационных серверов, коммуникационного оборудования и др.) требуется не только правильно настроить МЭ, но и проверить качество его функционирования. Данная задача может быть решена при помощи тестирования и исследования характеристик МЭ. Актуальность данной задачи подчеркивает тот факт, что в настоящее время отсутствуют общепринятые методологии обоснования выбора и тестирования средств экранирования и фильтрации информации.

Вместе с тем, данные мониторинга безопасности ряда важных информационных ресурсов показывают высокую активность атак из глобальной сети Internet, разнообразность методов, реализующих попытки негативного воздействия, повышенный интерес злоумышленников к критически важным информационным ресурсам.

Анализ основной литературы [1] и информации, полученных с официальных веб-сайтов ФСТЭК и ФСБ РФ, а также веб-сайтов и технической документации основных отечественных производителей систем и средств защиты информации, показал, что в настоящее время разработано и представлено достаточно большое количество программных и аппаратно-программных МЭ. Однако не все из них удовлетворяют предъявляемым требованиям и соответствуют нормативным требованиям по безопасности информации ФСБ и ФСТЭК России.

Программные и программно-аппаратные МЭ обеспечивают фильтрацию данных (пакетов и соединений) на различных уровнях семиуровневой модели ЭМВОС (от сетевого уровня до уровня приложений) на основании установленных правил и критериев фильтрации. Тестирование МЭ по требованиям безопасности информации позволяет определить соответствие различных типов МЭ (фильтры пакетов, прокси-серверы, шлюзы приложений) требованиям руководящих документов [2,3]. Предлагаемый подход представляет собой совокупность методик и аппаратно-программного комплекса для проведения исследований МЭ и включает: методику проверки функциональности программных и программно-аппаратных межсетевых экранов; методику оценки защищенности программных и программно-аппаратных межсетевых экранов; методику контроля соответствия реальных и декларируемых в документации функциональных возможностей программных и

программно-аппаратных межсетевых экранов; методику контроля отсутствия не декларированных возможностей и отсутствия закладок в программном обеспечении программных и программно-аппаратных межсетевых экранов (в данной статье не рассматривается).

### **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДИКИ ПРОВЕРКИ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ПРОГРАММНЫХ И ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ МЕЖСЕТЕВЫХ ЭКРАНОВ**

Цель функционального тестирования состоит в полной проверке качества выполнения функций МЭ по безопасности и фильтрации трафика. В настоящее время определено пять классов защищенности МЭ, к которым предъявляются требования по показателю «Тестирование», они могут повторять требования предыдущего класса или дополнять их [2].

К функциям по обеспечению безопасности относятся: контроль доступа; контроль соответствия записей в журнале аудита информационной безопасности; контроль подсистемы генерации сигналов тревоги; контроль доступности.

Функции фильтрации трафика включают проверку фильтрации трафика исходящего или поступающего от объектов (на объекты) защищаемой КС. Кроме этого, проверяются правила фильтрации, возможность локального и удаленного администрирования и производительность МЭ. При проведении тестирования, ориентированного на контроль трафика, выполняются следующие действия: сравнение реальной конфигурации МЭ с положениями принятой политики безопасности (ПБ); исследование конфигурации МЭ; операционное тестирование МЭ (поиск открытых служб и портов); проверка правильности выполняемых действий; исследование правильности фильтрации разрешенных служб и т.д.

При тестировании производительности определяется скорость выполнения операций МЭ. Измеряются и оцениваются задержки, вводимые МЭ при обработке нормального и избыточного трафика. При тестировании управления проверяются удобство, полнота и эффективность процедур конфигурирования и управления МЭ.

Так, в МЭ, соответствующих четвертому классу защищенности, должна обеспечиваться возможность следующего регламентного тестирования: реализации правил фильтрации; процесса регистрации действий правил фильтрации; процесса идентификации и аутентификации администратора МЭ; процесса регистрации действий администратора МЭ; процесса контроля целостности программной и информационной части МЭ; процедуры восстановления.

*Тестирование правильности функционирования правил фильтрации:* – фильтрация на сетевом уровне; решение по фильтрации должно приниматься для каждого сетевого пакета на основе сетевых адресов отправителя и получателя или других критериев фильтрации; фильтрация пакетов служебных протоколов, служащих для диагностики и управления работой сетевых устройств; фильтрация с учетом входного и выходного сетевого интерфейса как средство проверки подлинности сетевых адресов; фильтрация значимых полей сетевых пакетов.

*Тестирование правильности функционирования подсистемы; регистрация для правил фильтрации* – возможность регистрации и учета фильтруемых пакетов. В параметры регистрации включаются адрес, время и результат фильтрации.

*Тестирование правильности функционирования подсистем идентификации и аутентификации* – возможность идентификации и аутентификации администратора МЭ по идентификатору (коду) и паролю.

*Тестирование правильности функционирования подсистемы регистрация для действий администратора МЭ:* – возможность регистрации входа (выхода) администратора МЭ в систему (из системы) либо загрузки и инициализации системы и ее программного останова. В параметрах регистрации должны указываться: дата, время и код регистрируемого события; результат попытки осуществления регистрируемого события (успешная или неуспешная); идентификатор администратора МЭ, предъявленный при попытке осуществления регистрируемого события; – возможность регистрации запуска программ и процессов (заданий).

*Тестирование правильности функционирования подсистемы контроля целостности программного обеспечения (ПО) – возможность контроля целостности программной и информационной части МЭ.*

*Тестирование правильности функционирования подсистемы архивирования и восстановления – возможность восстановления после сбоев и отказов оборудования, которые должны обеспечивать восстановление параметров МЭ.*

### **ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ПРОГРАММНЫХ И ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ МЕЖСЕТЕВЫХ ЭКРАНОВ**

Анализ многочисленных случаев несанкционированного доступа к объектам КС показал, что функционального тестирования МЭ недостаточно для того, чтобы убедиться в правильности и надежности его функционирования. Целью проведения исследования является оценка устойчивости МЭ к компьютерным атакам и проверка соответствия требованиям установленной политики безопасности объектов КС.

При проведении компьютерных атак на МЭ возможны следующие ситуации: межсетевой экран «блокирует» атаку и продолжает исправно функционировать; атака приводит к перезапуску МЭ, после которой он продолжает исправно функционировать; атака приводит к выведению из строя МЭ, после чего он должен запретить прохождение любого трафика; атака приводит к несанкционированному изменению конфигурации МЭ, после которой он разрешает прохождение любого трафика.

Каждый из этих случаев должен быть тщательно исследован, поскольку оказывает существенное влияние на защищенность объектов и КС в целом.

Предлагаемый подход основан на утверждении, что МЭ не обеспечивает должного уровня защищенности объектов КС. Тестированию должна подвергаться вся инфраструктура, защищаемая МЭ.

Алгоритм тестирования МЭ включает: реализацию атак из внешней сети; реализацию атак из внутренней сети; реализацию комбинированных атак (снаружи и изнутри); анализ технологии разработки и поддерживаемых функций на наличие потенциальных уязвимостей.

Внешние компьютерные атаки – группа действий, включающая в себя: сканирование – сбор информации косвенными методами, которые не затрагивают целевую систему и не могут быть ею обнаружены; зондирование – получение информации о целевой системе методами, которые должны быть обнаружены целевой системой; компьютерные атаки, реализованные на основе собранных данных и существующих уязвимостей и приводящие к нарушению правильности функционирования служб МЭ.

Внутренние компьютерные атаки выполняются исходя из того, что злоумышленник имеет доступ к объектам защищаемой КС. При этом могут последовательно использоваться разные уровни доступа и привилегий: пользователя, администратора или разработчика ПО.

В случае реализации совместных атак считается, что злоумышленник находится в сговоре с пользователем защищаемой КС, чтобы обмануть систему защиты или передать данные через МЭ. Это становится возможным, если успешными оказались попытки предыдущих групп действий.

Анализ технологии разработки и поддерживаемых функций на наличие потенциальных уязвимостей состоит в поиске методов и способов проникновения, пропущенных при выполнении предыдущих трех групп действий. Для этого анализируется технология разработки МЭ, способы его применения, анализируются административные процедуры и данные, регистрируемые МЭ. Для проведения тестирования могут быть использованы различные системы анализа защищенности (MBSA, Nessus, NMap, XSpider и др.), а также специализированные программные средства (в том числе, и собственной разработки) в ручном или автоматическом режиме. После обнаружения уязвимостей операционной системы или МЭ могут использоваться следующие компьютерные атаки: сканирование портов, подделка адресов, перехват сеанса, фрагментация пакетов, DNS-атаки, spoofing-атаки, ARP-атаки, flooding-атаки и др.

## ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ СООТВЕТСТВИЯ РЕАЛЬНЫХ И ДЕКЛАРИРУЕМЫХ В ДОКУМЕНТАЦИИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНЫХ И ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫХ МЕЖСЕТЕВЫХ ЭКРАНОВ

Применение данной методики предполагают проведение следующих проверок: установку и запуск МЭ, в том числе, проверки, связанные с инсталляцией ПО; соответствие ПО и данных о МЭ всем обязательным формулировкам, приведенным в описании изделия и документации пользователя (администратора); непротиворечивость описания изделия, приведенного в документации пользователя (администратора); реализации декларируемых в документации функций МЭ.

### ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследование характеристик МЭ выполняется на основе программно-аппаратного комплекса (ПАК), который представляет испытательный стенд, имитирующий взаимодействие двух информационных систем, между которыми осуществляется управление входящим и исходящим трафиком. Функциональные возможности ПАК обеспечивают выполнение тестирования МЭ в соответствии с разработанными методиками, учитывают класс защищенности МЭ и позволяют проведение тестов на сетевом, транспортном и прикладном уровнях.

Структурная схема стенда программно-аппаратного комплекса для проведения исследований МЭ представлена на рисунке 1 и состоит из трех компонент: клиента ПЭВМ № 1, сервера ПЭВМ № 2 и исследуемого МЭ. Программно-аппаратный МЭ подключается в разрыв между ПЭВМ № 1 и ПЭВМ № 2. Если используется программный МЭ, то он устанавливается на ПЭВМ № 1.

Серверная часть ПАК представляет собой сервер ПЭВМ № 2, на котором установлена ОС Windows Server 2003 и развернуты основные информационные серверы: WEB, FTP, MAIL и служебный DNS-сервер. Кроме этого, на сервере установлены: генератор пакетов; система анализа защищенности; средство реализации компьютерных атак и анализатор пакетов, которые используются для выполнения функций по генерации и анализу сетевого трафика.

Клиентская часть ПАК представляет собой клиентскую ПЭВМ № 1, на которой установлена ОС Windows XP SP 3. Кроме этого, на клиентской ПЭВМ установлены: генератор пакетов; система анализа защищенности; средство реализации компьютерных атак и анализатор пакетов, которые используются для выполнения функций ПАК по генерации и анализу сетевого трафика изнутри защищаемой КС.

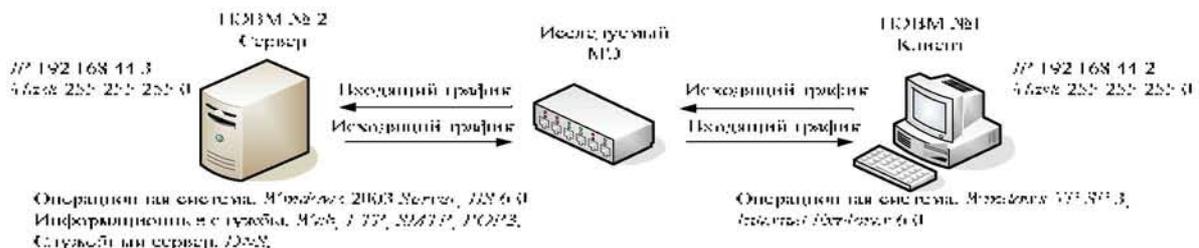


Рисунок 1 – Структурная схема стенда для проведения исследований характеристик МЭ

Генератор пакетов позволяет генерировать сетевые пакеты типа IP, TCP, UDP, ICMP с возможностью задания значимых полей пакета. В отдельных случаях в качестве генератора пакетов может использоваться типовая система анализа защищенности.

Средство анализа трафика позволяет осуществить перехват и анализ пакетов, передаваемых по сети. В качестве типового анализатора трафика применяется ПО Wireshark Network Protocol Analyzer 1.4.1. Средство анализа защищенности позволяет получить информацию об открытых портах и активных службах и определяет возможные уязвимые места объекта тестирования. В качестве типовых средств анализа защищенности применяются NMap 5.21 и XSpider 7.5.

Средство реализации компьютерных атак и анализа защищенности. В качестве типовых средств реализации компьютерных атак применяются Metasploit Wramework 3.4.1 и Back Track 4 или программные средства собственной разработки. Данный ПАК предоставляет эксперту возможность генерации пакетов (установления соединений) с произвольными параметрами и проводить анализ влияния настроек МЭ на результат испытаний. В процессе выполнения испытаний эксперту необходимо осуществлять генерацию и анализ результата прохождения пакета или установления соединения «по разные стороны» МЭ (генератор и анализатор пакетов располагаются в разных сетях). На основе анализа полученных результатов исследований экспертом формируется вывод о корректности реализации в МЭ проверяемого механизма защиты.

Использование ПАК позволяет оптимизировать процесс исследования характеристик МЭ и выполнять ряд тестов в автоматизированном режиме из стандартного набора заданий по генерации трафика и регистрации результатов исследований.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Платонов В.В. Программно-аппаратные средства обеспечения информационной безопасности вычислительных сетей: учебное пособие для ВУЗов. – М.: Академия, 2006. – 240 с.
2. Руководящий документ «Средства вычислительной техники. Межсетевые экраны. Защита от несанкционированного доступа к информации. Показатели защищенности от несанкционированного доступа к информации». – М.: Гостехкомиссия России, 1997.
3. Руководящий документ «Защита от несанкционированного доступа к информации. Часть 1. Программное обеспечение средств защиты информации. Классификация по уровню контроля недеklarированных возможностей». – М.: Гостехкомиссия России, 1999.

**Свечников Дмитрий Александрович**

Академия ФСО России, г. Орел  
Кандидат технических наук, доцент  
Тел.: (4862) 54-99-33  
E-mail: [mhm57@yandex.ru](mailto:mhm57@yandex.ru)

**Царев Дмитрий Сергеевич**

Академия ФСО России, г. Орел  
Научный сотрудник  
Тел.: (4862) 54-99-33

---

D.A. SVECHNIKOV, D.S. TSAREV

#### FIREWALLS TESTING TECHNIQUE AS INFORMATION SECURITY REQUIRES

*One of the most considerable information security complex system component is firewalls. They are the basic access components of the inside secured network or PC. To provide the computer network security it is necessary to install a firewall in a proper way and to control its functionality. The problem can be solved by firewall research as the information security requires. So special papers and equipment are needed for the research work.*

**Keywords:** *information security; information security system; firewall; testing technique; firewall characteristics research.*

#### BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. Platonov V.V. Programmno-apparatny'e sredstva obespecheniya informacionnoj bezopasnosti vy'chislitel'ny'x setej: uchebnoe posobie dlya VUZov. – М.: Akademiya, 2006. – 240 s.
2. Rukovodyashhij dokument «Sredstva vy'chislitel'noj texniki. Mezhsetevy'e e'krany'. Zashhita ot nesankcionirovannogo dostupa k informacii. Pokazateli zashhishhyonnosti ot nesankcionirovannogo dostupa k informacii. – М.: Gostexkomissiya Rossii, 1997.
3. Rukovodyashhij dokument «Zashhita ot nesankcionirovannogo dostupa k informacii. Chast' 1. Programmnoe obespechenie sredstv zashhity' informacii. Klassifikaciya po urovnyu kontrolya nedeklarirovanny'x vozmozhnostej». – М.: Gostexkomissiya Rossii, 1999.

И.Б. СОБАКИН

**ЭВОЛЮЦИЯ СТАНДАРТОВ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ  
РИСКАМИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

*В статье дается анализ истории развития стандартов в области управления рисками информационной безопасности. Рассмотрена серия международных стандартов ISO 27000. В статье приведены российские стандарты, а также дан обзор зарубежных стандартов в области управления рисками информационной безопасности.*

**Ключевые слова:** управление рисками; информационная безопасность; информационные риски.

**ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ СТАНДАРТОВ  
В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ**

Все началось в мае 1987, когда под руководством Министерства торговли и промышленности Великобритании (DTI) был создан Центр компьютерной безопасности (CCSC). Спустя 2 года своей работы, опираясь на руководство по информационной безопасности компании Shell (Royal Dutch/Shell Group Information Security Policy Manual), при участии коммерческих организаций, таких как: Shell UK, National Westminster Group, Unilever, British Telecommunications, British Computer Society, Association of British Insurers, Marks & Spencer, Logica и др. центр создал свод лучших практик по обеспечению безопасности под названием «*User's Code of Practice*».

Позже в 1993 году вышеуказанный документ был доработан Национальным компьютерным центром (NCC) и, в конце концов, после рассмотрения и голосования был принят и официально опубликован как руководящий документ британской системы стандартов (BS) под названием BSI-DISC PD003:1993 «DTI code of practice for information security management».

В 1995 году Британским институтом стандартов (BSI) он был исправлен и дополнен и выступил уже в качестве британского стандарта BS 7799:1995 Part 1. Являясь прародителем международных стандартов управления информационной безопасностью, первая часть стандарта «Практические правила управления информационной безопасностью» (BS 7799-1) включала в себя перечень средств управления, которые представляли собой набор лучших практик в области обеспечения информационной безопасности. Он описывает 10 областей и 127 механизмов контроля, необходимых для построения системы управления информационной безопасностью (СУИБ).

Вторая часть стандарта, выпущенная в 1998 году под названием «Системы управления информационной безопасностью. Спецификация и руководство по применению» (BS 7799 Part 2), представляла собой инструменты для измерения и мониторинга в рамках средств управления, описанных в первой части, а также определила, что должна из себя представлять СУИБ.

В 1999 году в ходе последовательных пересмотров обе части были пересмотрены и гармонизированы с международными стандартами систем управления ISO 9001 и ISO 14001. Первая часть была опубликована как BS 7799-1:1999, а новая версия второй части была выпущена как BS 7799-2:2000.

Год спустя технический комитет ISO без изменений принял BS 7799-1 в качестве международного стандарта ISO 17999:2000. Стандарт ISO 17999 был вновь пересмотрен и выпущен как ISO 17999:2005, а потом ему изменили название на ISO 27002:2007.

Вторая часть BS 7799-2 пересматривалась в 2002 г., а в конце 2005 г. была принята в качестве международного стандарта ISO/IEC 27001:2005 «Информационные технологии – Методы обеспечения безопасности – Системы управления информационной безопасностью – Требования».

В начале 2006 г. был принят новый британский национальный стандарт в области управления рисками информационной безопасности BS 7799-3 «Системы

управления информационной безопасностью - Руководство по управлению рисками информационной безопасности».



Рисунок 1 – Развитие стандартов ISO 27001 и 27002

### СЕРИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ СТАНДАРТОВ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ISO 27000

ISO (Международная Организация по Стандартизации) и ИЕС (Международная Электротехническая Комиссия) формируют специализированную систему всемирной стандартизации и разрабатывают совместно международные стандарты и руководства. Одна из общих целей – выпуск стандартов по менеджменту безопасности.

В области информационных технологий, ISO и ИЕС организован Совместный Технический Комитет, ISO/ИЕС JTC 1. Основной задачей комитета является подготовка Международных Стандартов. В Совместный Технический Комитет 1 (JTC 1) входит Подкомитет 27 (SC 27), в который, в свою очередь, включены Рабочая группа 1 (WG1), Рабочая группа 2 (WG2) и Рабочая группа 3 (WG3).

Областью назначения Рабочей группы 1 является разработка стандартов управления безопасностью, включая вопросы, относящиеся к новым разработкам стандартов по информационной безопасности и разработке стандартов на СУИБ. Цель WG 1 – обеспечить ориентиры, которые бы указали требования к будущему набору международных стандартов и руководств для определения, внедрения, эксплуатации, мониторинга и поддержки СУИБ.

Чтобы поддержать такой план развития ISO/ИЕС решили изменить нумерацию для международных стандартов по информационной безопасности на новую – 27000. Серия международных стандартов ISO 27000 приведена в нижеследующей таблице (таблица 1).

Таблица 1 – Семейство стандартов ISO 27000

<b>ISO27000</b>	ISO/IEC 27000:2009 Information technology. Security techniques. Information security management systems. Overview and vocabulary (Определения и основные принципы). Выпущен в июле 2009 г.
<b>ISO27001</b>	ISO/IEC 27001:2005/BS 7799-2:2005 Information technology. Security techniques. Information security management systems. Requirements Информационные технологии (Методы обеспечения безопасности. Системы управления информационной безопасностью. Требования). Выпущен в октябре 2005 г.
<b>ISO27002</b>	ISO/IEC 27002:2005, BS 7799-1:2005,BS ISO/IEC 17799:2005 Information technology. Security techniques. Code of practice for information security management (Информационные технологии. Методы обеспечения безопасности. Практические правила управления информационной безопасностью). Выпущен в июне 2005 г.
<b>ISO27003</b>	ISO/IEC 27003:2010 Information Technology — Security Techniques - Information Security Management Systems Implementation Guidance (Руководство по внедрению системы управления информационной безопасностью). Выпущен в январе 2010 г.
<b>ISO27004</b>	ISO/IEC 27004:2009 Information technology. Security techniques. Information security management. Measurement (Измерение эффективности системы управления информационной безопасностью). Выпущен в январе 2010 г.
<b>ISO27005</b>	ISO/IEC 27005:2008 Information technology. Security techniques. Information security risk management (Информационные технологии. Методы обеспечения безопасности. Управление рисками информационной безопасности). Выпущен в июне 2008 г.

<b>ISO27006</b>	ISO/IEC 27006:2007 Information technology. Security techniques. Requirements for bodies providing audit and certification of information security management systems (Информационные технологии. Методы обеспечения безопасности. Требования к органам аудита и сертификации систем управления информационной безопасностью). Выпущен в марте 2007 г.
<b>ISO27007</b>	Руководство для аудитора СУИБ (в разработке).
<b>ISO27011</b>	ISO/IEC 27011:2008 Information technology. Security techniques. Information security management guidelines for telecommunications organizations based on ISO/IEC 27002 (Руководство по управлению информационной безопасностью для телекоммуникаций). Выпущен в мае 2009 г.
<b>ISO27033-1</b>	ISO/IEC 27033-1:2009 Information technology. Security techniques. Network security. Overview and concept (Основные концепции управления сетевой безопасностью). Выпущен в январе 2010 г.

### **РОССИЙСКИЕ СТАНДАРТЫ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ**

Февраль 2002 года можно смело называть отправной точкой развития стандарта ISO 17799 в России и странах СНГ. В 2001 году в мире сложилась нелегкая ситуация в области стандартизации по информационной безопасности - применимость стандартов по мнению специалистов на практике вызвала вопросы и серьезные сомнения. Исключительно технологический подход к защите информации – это путь в никуда, полагали специалисты. Спасителем стал именно ISO 17799 в паре с BS 7799:2.

Так случилось, что именно тогда в России впервые обратили внимание на еще очень молодой ISO 17799 и пришли к выводу, что за этим стандартом будущее.

Вскоре появились и российские стандарты в области управления информационной безопасностью. Они были подготовлены Федеральным государственным учреждением «Государственный научно-исследовательский испытательный институт проблем технической защиты информации Федеральной службы по техническому и экспортному контролю» (ФГУ «ГНИИИ ПТЗИ ФСТЭК России»).

➤ ГОСТ Р ИСО/МЭК 17799-2005 «Информационная технология. Практические правила управления информационной безопасностью» (Information technology. Code of practice for information security management).

➤ ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001-2006 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования» (Information technology. Security techniques. Information security management systems. Requirements).

Стандарт ГОСТ Р ИСО/МЭК 17799 устанавливает общие рекомендации по управлению информационной безопасностью лицам, которые несут ответственность за планирование, реализацию или поддержку решений безопасности в организации. Он предназначен для обеспечения наиболее общих основ для разработки стандартов безопасности и выбора практических мероприятий по управлению безопасностью в организации, а также в интересах обеспечения доверия в деловых отношениях между организациями.

Стандарт ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001 устанавливает требования по разработке, внедрению, функционированию, мониторингу, анализу, поддержке и улучшению документированной системы менеджмента информационной безопасности среди общих бизнес-рисков организации. Более того, стандарт устанавливает требования по внедрению мер управления информационной безопасностью и ее контроля, которые могут быть использованы организациями или их подразделениями в соответствии с установленными целями и задачами обеспечения информационной безопасности.

Надо сказать, российские стандарты практически полностью копировали своих зарубежных аналогов. Для более наглядного восприятия приведена таблица (таблица 2) взаимосвязи британского, международного и российского стандартов.

Таблица 2 – Взаимосвязь стандартов

Британский стандарт	Международный стандарт	Российский стандарт
BS 7799-1: 2005	ISO 27002:2007 (ISO 17799: 2005)	ГОСТ Р ИСО/МЭК 17799 – 2005
BS 7799-2: 2005	ISO 27001: 2005	ГОСТ Р ИСО/МЭК 27001 – 2006
BS 7799-3: 2006	ISO 27005	- отсутствует

Кроме того, в Российской Федерации на безопасность информационных технологий действуют следующие стандарты:

- ГОСТ Р ИСО/МЭК 13335-3-2007 «Информационная технология - Методы и средства обеспечения безопасности - Часть 3: Методы менеджмента безопасности информационных технологий»;
- ГОСТ Р ИСО/МЭК 13335-4-2007 «Информационная технология - Методы и средства обеспечения безопасности - Часть 4: Выбор защитных мер»;
- ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-1-2002 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Часть 1. Введение и общая модель»;
- ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-2-2002 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Часть 2. Функциональные требования безопасности»;
- ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408-3-2002 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Критерии оценки безопасности информационных технологий. Часть 3. Требования доверия к безопасности»;
- ГОСТ Р ИСО/МЭК 15408 «Общие критерии оценки безопасности информационных технологий»;
- ГОСТ Р 51898-2002 «Аспекты безопасности. Правила включения в стандарты»;
- ЦБР СТО БР ИББС-1.0 «Обеспечение информационной безопасности организаций банковской системы Российской Федерации. Общие положения».

### **ОБЗОР ЗАРУБЕЖНЫХ СТАНДАРТОВ В ОБЛАСТИ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ**

К большому сожалению, в российском законодательстве существует некоторый пробел – отсутствует стандарт в области управления рисками информационной безопасности. И поэтому мы вынуждены пользоваться зарубежными аналогами, в частности, международными и британскими стандартами.

Необходимо сразу сказать, что существуют также и американские стандарты в области управления рисками. NIST SP 800-30:2002 (Руководство по управлению рисками в системах информационных технологий) – один из них. Он в свою очередь опирается на такие стандарты, как: ISO Guide 73, AS/NZS 4360, ISO 16085. Но, надо отметить, что существующий американский опыт был учтен в полной мере при разработке международного стандарта в области управления рисками информационной безопасности ISO 27005. Сравнительный анализ популярного американского стандарта NIST 800-30 с британским BS 7799-3 показал практически идентичность по основным положениям и подходам к анализу, оценке и управлению рисками.

Основной стандарт в области управления рисками информационной безопасности ISO 27005 не является международной версией BS 7799-3: 2006, в отличие от своих предшественников (ISO 27001и ISO 27002). ISO 27005 сменил два предыдущих международных стандарта BS ISO/IEC TR 13335-3:1998 и BS ISO/IEC TR ISO 13335-4:2000. В связи с этим, действие последних было прекращено.

Вторым по важности идёт британский стандарт BS 7799-3. Данный стандарт не очень сильно отличается от международного аналога. Все ключевые моменты в нем определены схожим образом. Это касается и процессной модели, и элементов управления рисками,

анализа рисков, способам их обработки, а также коммуникации рисков. Но, по некоторым вопросам BS 7799-3 качественно дополняет ISO 27005, в частности содержит рекомендации по выбору инструментария для оценки рисков.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. History of 27000 // Gamma Secure Systems Limited: experts in ISO/IEC 27001 and the Common Criteria. URL: <http://www.gammassl.co.uk/bs7799/history.html> (дата обращения: 10.12.2010).
2. ISO/IEC 27002 code of practice // ISO27k infosec management standards. URL: <http://www.iso27001security.com/html/27002.html> (дата обращения: 14.12.2010).
3. Информация из стандартов ITSC (Standards Technology Standard Committee). Новости о стандартах с форума RAISS. URL: <http://www.itsc.org.sg/> (дата обращения: 17.12.2010).
4. Интернет-портал ISO 27000.RU. URL: <http://www.iso27000.ru/> (дата обращения: 18.12.2010).
5. Медведовский И. ISO 17799: Эволюция стандарта в период 2002-2007 // Digital Security: N1 в аудите безопасности. URL: [http://www.dsec.ru/about/articles/iso17799\\_evolution/](http://www.dsec.ru/about/articles/iso17799_evolution/) (дата обращения: 20.12.2010).
6. Серия ИСО 27000 (ISO 27000) // Институт Консалтинга и Сертификации. URL: [http://www.icc-iso.ru/toclients/standard/iso\\_27001/](http://www.icc-iso.ru/toclients/standard/iso_27001/) (дата обращения: 20.12.2010).

#### Собакин Иван Борисович

Московский государственный индустриальный университет, г. Москва  
Аспирант кафедры «Информационные технологии и системы в экономике и управлении»  
Тел.8 926 594 21 46  
E-mail: [sobakin86@mail.ru](mailto:sobakin86@mail.ru)

I.B. SOBAKIN

#### THE EVOLUTION OF STANDARDS CONCERNED INFORMATION SECURITY RISK MANAGEMENT

*The article analyzes the history of standards concerned information security risk management. The series of international standards - ISO 27000 is considered. The article presents the Russian standards, as well as a review of foreign standards concerned information security risk management.*

**Keywords:** risk management, information security, information risk.

#### BIBLIOGRAPHY (TRANSLITERATED)

1. History of 27000 // Gamma Secure Systems Limited: experts in ISO/IEC 27001 and the Common Criteria. URL: <http://www.gammassl.co.uk/bs7799/history.html> (дата обращения: 10.12.2010).
2. ISO/IEC 27002 code of practice // ISO27k infosec management standards. URL: <http://www.iso27001security.com/html/27002.html> (дата обращения: 14.12.2010).
3. Informaciya iz standartov ITSC (Standards Technology Standard Committee). Novosti o standartax s foruma RAISS. URL: <http://www.itsc.org.sg/> (data obrashheniya: 17.12.2010).
4. Internet-portal ISO 27000.RU. URL: <http://www.iso27000.ru/> (data obrashheniya: 18.12.2010).
5. Medvedovskij I. ISO 17799: E`volyuciya standarta v period 2002-2007 // Digital Security: N1 v audite bezopasnosti. URL: [http://www.dsec.ru/about/articles/iso17799\\_evolution/](http://www.dsec.ru/about/articles/iso17799_evolution/) (data obrashheniya: 20.12.2010).
6. Seriya ISO 27000 (ISO 27000) // Institut Konsaltinga i Sertifikacii. URL: [http://www.icc-iso.ru/toclients/standard/iso\\_27001/](http://www.icc-iso.ru/toclients/standard/iso_27001/) (data obrashheniya: 20.12.2010).

**XIII International Conference «Cognitive Modeling in Linguistics-2011»  
(CML-2011)**

**Corfu, Greece, September, 22-29, 2011**

**XIII Международная конференция  
«Когнитивное моделирование в лингвистике»**

**Время проведения:** 22-29 сентября, 2011

**Место проведения:** Греция, Корфу, Отель Dassia Chandris 4\*

**Организаторы:**

- Институт языкознания Российской академии наук (Россия)
- Казанский государственный университет (Россия)
- Новый болгарский университет (Болгария)
- Афинский национальный университет имени Каподистрии (Греция)
- Университет Задара (Хорватия)
- ИТНЕА Международное научное сообщество и Институт информационных теорий и приложений
- Университет Александр Иоан Куза (Румыния)
- Софийский университет «Св. Климент Охридский» (Болгария)
- Московский государственный лингвистический университет (Россия)
- Национальный исследовательский технологический университет (МИСиС) (Россия)
- Брюссельский свободный университет (Бельгия)
- Веб-журнал балканской русистики
- Научный и образовательный центр лингвистики (Россия) Российская ассоциация Лингвистов-Когнитологов (Россия)

**Примерный перечень научных направлений, по которым принимаются доклады:**

Общие темы:

- Когнитивные модели языковых явлений
- Формальные модели в языке и познании
- Когнитивно-ориентированные компьютерные приложения и языковые ресурсы
- Общие проблемы когнитивной науки

Модели и исследования по областям:

- Восприятие и производство речи
- Психолингвистика и психосемантика
- Семиотика, семантика и прагматика
- Обработка языка, память и мышление
- Детская речь и усвоение языка
- Лингвистическая типология
- Перевод и познание
- Расстройства речи, языковые патологии
- Когнитивные аспекты теологии
- Когнитивные аспекты развития и использования информационных технологий
- Когнитивные механизмы принятия решений

Когнитивная лингвистика:

- Теория метафоры
- Ментальный лексикон и лексическая онтология

- Наивная картина мира и вербальная форма
- Концептуализация и вербализация знания
- Когнитивные механизмы обработки текста
- Видо-мотивированные аспекты человеческого языка
- Мышление и обработка языка
- Когнитивная славистика

**Публикация материалов:**

По результатам конференции будет опубликован сборник трудов, содержащий расширенные тезисы (2 страницы на английском языке).

Далее лучшие доклады будут рекомендованы для публикации в форме журнальной статьи в издательской системе ITA FOI ITHEA ([www.foibg.com](http://www.foibg.com)).

**Даты проведения и этапы подготовки конференции:**

- Представление тезисов для прохождения процедуры раннего рецензирования (\*)  
**2 апреля, 2011**
- Раннее подтверждение приема заявки в программу (\*)  
**16 мая, 2011**
- Представление тезисов для обычной процедуры рецензирования  
**2 июня, 2011**
- Подтверждение приема заявки в программу  
**16 июня, 2011**
- Срок представления окончательной версии тезисов  
**30 июня, 2011**
- Даты проведения конференции в Греции  
**22-29 сентября, 2011**

\* Ранняя регистрация и подтверждение необходимы тем участникам, которые планируют обращаться в Национальные и Международные научные фонды с заявкой на получение тревел-грантов.

**Контактная информация:**

**[cml2011@mail.ru](mailto:cml2011@mail.ru)**

Председатель оргкомитета: **Поляков Владимир Николаевич**

Сайт конференции: **[www.cml.msisa.ru](http://www.cml.msisa.ru)**